607128

MANUEL COMPLET

DU

MAITRE DE FORGES,

OU

TRAITÉ THÉORIQUE

ET PRATIQUE

DE L'ART DE TRAVAILLER LE FER;

PAR M. H. LANDRIN,

Ingénieur civil, Membre correspondant de la Société Linnéenne et de plusieurs Sociétés savantes.

Ouvrage orné de Planches.

TOME SECOND.

PARIS,

A LA LIBRAIRIE ENCYCLOPÉDIQUE DE ROBET,

RUE HAUTEFEUILLE, AU COIN DE CELLE DU BATTOIR.

1829.

ERRATA.

Pages.	lignes.	
18,	15.	60 à 240 tours, *lisez* 60 à 120 tours.
206,	31.	base de la trompe, *lisez* buse de la trompe.
207,	26.	Caxadon, *lisez* Caxadou.

Digitized by Google



MANUEL COMPLET

THÉORIQUE ET PRATIQUE

DU

MAITRE DE FORGES.

SUITE DE LA TROISIÈME PARTIE.

SECTION II.

TRAVAIL MÉCANIQUE DU FER.

LORSQUE le fer a été soumis à l'affinage chimique dans les feux ou les fourneaux, il reste une opération mécanique à lui faire éprouver, et la tâche du maître de forges n'est pas encore entièrement remplie. Cette dernière manipulation s'appelle l'étirage; elle a pour but de donner au métal de la dureté, de la ténacité et du nerf, par le resserrement de ses pores, le rapprochement de ses molécules sous les machines de compression, en même temps qu'elle le réduit aux dimensions et aux formes usitées dans le commerce et les arts.

Les formes les plus ordinaires des barres de

fer qui sortent des forges se réduisent à trois : celles rondes, carrées et plates. On peut néanmoins lui donner diverses autres figures qu'il est facile d'imaginer; mais comme elles ne sont pas généralement admises dans les usines et que la consommation en est très restreinte, nous ne croyons pas nécessaire d'en parler.

Les dimensions sont extrêmement variables. On fait du fer rond depuis 2 lignes jusqu'à 4 ou 5 pouces de diamètre, du carré de même dimension, du fer plat de $\frac{1}{2}$ ligne sur 4 jusqu'à 1 pouce sur 6.

Lorsque le fer carré a moins de 8 lignes, il prend la dénomination de carillon et se vend plus généralement en bottes ou paquets.

Quant au fer plat, ses dénominations sont très différentes dans toutes les parties de la France. Destiné à cercler des pièces de vin, il porte le nom de feuillard, ruban, fer à cercles, s'il est mince; demi-feuillard, tôle à palâtre, bandelette, s'il est de plus forte dimension; méplat, maréchal, court-bandage, lorsque sa largeur est à peu près le double de son épaisseur; plat, lorsque son épaisseur est moindre et sa largeur plus grande. Le fer de fenderie porte plus particulièrement le nom de verges, fer aplati et lames. La verge est carrée; elle a de 3 à 12 lignes de grosseur; le fer aplati a de 14 à 28 lignes sur 2 $\frac{1}{2}$ à 7; le fer en lames porte 9 à 12 lignes sur 3.

Nous ne croyons pas devoir entrer dans un plus grand détail sur les dénominations souvent bizarres dont on se sert dans plusieurs départemens; celles que nous venons de citer sont le plus fréquemment employées dans le commerce et la métallurgie.

Les machines destinées à étirer le fer et à lui donner les formes voulues dans les arts, sont de deux espèces : le marteau et le laminoir. Le marteau produit une force de percussion, qui, comme on le sait, emploie au moment du choc tous les degrés de vitesse acquis pendant la chute ; le laminoir présente une puissance égale à l'effort que peut faire, par son poids, une masse cylindrique sans mouvement local.

S'il s'agit d'enfoncer un clou dans un corps quelconque qui offre une certaine résistance, comme une planche de chêne, un marteau de quelques onces, frappant à coups redoublés, sera une puissance suffisante pour le faire pénétrer dans le bois, tandis qu'il faudra placer un poids énorme sur la tête du clou pour obtenir le même effet par la simple pression.

La force compressive du laminoir n'est cependant pas entièrement ce qu'on appelle en mécanique une force morte ; elle reçoit aussi une certaine vitesse, mais seulement par succession et sans qu'elle puisse l'accumuler pour la dépenser en un temps donné ; car elle est aussitôt absorbée qu'acquise.

Il semblerait résulter de là que l'effet produit par le marteau n'étant pas comparable, dans l'acception ordinaire, avec celui qui résulte du laminoir, la qualité du fer martelé doit être bien supérieure à celle du fer laminé, puisque les molécules sont plus rapprochées et que la densité est devenue plus grande. Ceci pourrait confirmer l'opinion où l'on est presque généralement en France sur les deux espèces de produits ; mais c'est un préjugé qu'un examen plus appro-

fondi doit ébranler, en attendant que l'expérience le détruise tout-à-fait.

Les molécules du fer sont d'autant plus disposées à suivre la direction qu'on veut leur imprimer, que le métal est dans une température plus élevée et que la force de cohésion se rapproche plus de zéro. Si l'on martelait une barre de fer dans une chaleur voisine du passage de l'état solide à l'état liquide, nul doute que la percussion ne produisît le maximum d'effet; mais il n'en est pas ainsi dans une forge : chacun sait que le marteau qui portait au commencement de l'étirage sur une masse pénétrable, n'agit bientôt plus que sur un corps solidifié et dont les molécules opposent une résistance en proportion géométrique pour des accroissemens de temps égaux. Elles tendent à se rapprocher, mais non à s'étendre, et si la masse métallique acquiert une compacité prodigieuse, elle n'offre que rarement un tissu fibreux, allongé, capable de plier facilement à froid. C'est plutôt une texture grenue, fortement serrée, qui appartient au fer martelé; il est plus dur à limer, à forer, à percer; résiste plus au frottement, et convient partout où il faut de la ténacité et de la force.

L'étirage au laminoir a lieu uniquement dans le sens de la longueur; chaque parcelle de la barre qui se présente sous le cylindre offre deux phénomènes dignes de remarque : un point est en contact avec la cannelure, tandis que celui qui le suit immédiatement est refoulé par l'obstacle et s'allonge en reculant; à chaque nouvelle cannelure, c'est un nouveau retrait, et de cette somme de reculs il résulte une masse dans la-

quelle les molécules sont disposées en longueur et donnent au métal une texture nerveuse, à filamens très allongés et dont la rupture est quelquefois difficile.

Il est naturel de penser que cet effet n'a lieu qu'autant que la température du fer est assez élevée ; que la vitesse du laminoir est convenablement combinée et qu'aucun corps étranger, contenu dans le métal, ne vient contrarier sa disposition à devenir nerveux. Une barre laminée à une basse température, reste grenue, et se brise facilement à froid ; elle a d'ailleurs l'inconvénient de se travailler difficilement à chaud, parce que l'ouvrier qui pousse trop le feu, la brûle en peu d'instans et n'en peut plus tirer parti.

Lors donc qu'on veut comparer la qualité du fer laminé et du fer martelé, il faut considérer d'abord l'emploi auquel il doit être appliqué. S'il s'agit de faire des socs de charrue, de placer des bandes de roues, etc., usages qui réclament du fer dur, on doit préférer le fer battu au marteau ; lorsque le fer doit être employé à froid et n'est point susceptible de se détruire par le frottement ou l'usage, celui laminé convient mieux ; enfin le fer rendu cassant par un mauvais étirage est propre aux rampes de balcons, d'escaliers, etc., etc.

CHAPITRE Ier.

Du Martelage.

Le marteau est une masse de fer ou de fonte fixée au bout d'un manche, et qui, en tombant sur une autre masse de métal, produit ce qu'on appelle *la percussion.*

Le manche peut être en bois ou en métal. Lorsqu'il est en bois, le marteau est percé dans son milieu d'un trou rectangulaire A, *Fig.* 28 *bis*. La partie supérieure *a b* est la *tête* du marteau; la partie inférieure *d e* se nomme l'*aire* ou la *panne*, et les deux côtés *a c* et *b f* sont les *mansuelles*.

L'aire du marteau doit avoir été refroidie plus promptement que le reste, lorsqu'elle a été fondue; si elle est en fer, elle doit être aciérée. Cette attention est nécessaire, car la panne qui serait en fonte grise aurait bientôt pris l'impression des corps durs soumis à son choc et se détériorerait en peu de temps.

Il en est de même de l'aire de l'enclume sur laquelle se pose la barre à cingler et s'exerce la compression. Elle doit être placée dans une position fixe et assise sur un grillage particulier. On la consolide à l'aide d'une *chabotte* en fonte placée dans le billot ou *stock* qui est au centre du grillage.

On distingue trois espèces de marteaux de forges; ils tirent tous leur nom de la manière dont ils sont mis en mouvement. Dans le marteau *frontal*, la puissance qui le soulève est placée à l'une des extrémités, et le point d'appui ou l'axe de rotation est à l'autre; dans celui *à bascule*, le point d'appui est entre le moteur et le marteau proprement dit; dans celui *à soulèvement* enfin, la puissance est au milieu et fait effort sur le manche.

Ainsi, le marteau à bascule est un levier de la première espèce (*Fig.* 28); le marteau frontal est un levier de la seconde, et enfin le marteau à soulèvement est un levier de la troisième espèce. Ce dernier est conséquemment le moins

avantageux, et les deux autres ont besoin d'une force motrice qui dépend en grande partie de sa distance au point d'appui. Le marteau à soulèvement est néanmoins employé dans presque toutes les anciennes usines; mais ce vice n'est pas le seul qui existe dans ces établissemens, et nous ne finirions pas si nous voulions en faire la critique.

Les marteaux sont mis en mouvement à l'aide d'une roue ou d'un arbre armé de *cames*. Dans le marteau frontal elles saisissent la machine à la tête, la soulèvent à 6 ou 8 pouces, et la laissent retomber de son propre poids. L'oscillation se produit au moyen d'un couteau A (*Fig*. 27) reposant sur le bâti B, auquel on donne la solidité nécessaire.

Les manches des marteaux à bascule et à soulèvement sont passés dans un anneau C (*Fig*. 29) en fonte, lequel porte le nom de *bogue*, *hulse* ou *hurasse*; cet anneau est pourvu de deux *cornes* ou tourillons qui s'encastrent dans des crapaudines fixées sur deux montans en bois DD (*Fig*. 28 et 29) assemblés à leur tour par une semelle. Pour éviter que le marteau, lancé en l'air par les cames, ne s'élève trop et n'ait pas le temps de frapper l'enclume avant qu'une autre came le saisisse, on place au-dessus du marteau un *rabat* E qui l'arrête dans son élan, et par son élasticité augmente la chute et l'effet de la masse compressive. Ce rabat est, ainsi que le manche, confectionné en charme ou en hêtre, bois qui résistent le mieux à la fatigue et au choc.

Toute la charpente du marteau est appelée *ordon*. L'ordon du marteau à soulèvement se compose de quatre *jambes* ou montans, dont

deux portent la *bogue*, et deux soutiennent le *rabat*. Dans les ordons à bascule, le rabat est plus ordinairement fixé à une des jambes, ce qui simplifie la charpente.

Il est assez difficile d'obtenir une grande vitesse avec les marteaux à bascule; car, dans ce cas, il faut raccourcir la partie postérieure du manche et employer alors un moteur plus considérable. C'est pour cette raison qu'on diminue le poids du marteau partout où on ne peut disposer que d'une puissance motrice médiocre. Le marteau à soulèvement se prête plus facilement à cette disposition. Il faut donc faire les gros marteaux de cette dernière espèce et n'employer les bascules que pour les martinets.

Une autre considération fort importante et qui tient de près à la bonne ou mauvaise qualité du fer martelé, c'est que la vitesse du marteau doit augmenter à mesure que la barre se refroidit; or, comme la température du fer décroît en progression géométrique pour des accroissemens égaux de temps, la vitesse de la percussion devrait à la rigueur suivre cette progression. C'est ce qu'on n'a produit encore à l'aide d'aucune machine existante. Dans les forges où l'eau sert de moteur, on donne plus d'eau, en ouvrant la vanne, au moment où le fer commence à refroidir; mais comme tout est laissé à la volonté de l'ouvrier et que rien ne détermine la vitesse nécessaire, il arrive presque toujours que le rapport n'est point gardé (1). Dans les usines mues

(1) Si la ductilité du fer décroît géométriquement, il est naturel de penser que la force compressive doit

par une machine à vapeur, cette proportion n'est nullement admise. Il s'ensuit que le marteau ne produit son maximum d'effet sur le fer que dans les forges à eau, et qu'à cet égard les anciennes usines ont un avantage marqué sur les nouvelles.

Lorsque la loupe a été retirée du creuset et apportée près de l'enclume, un forgeron la saisit avec une grande tenaille qu'on appelle *écrevisse*, et deux aides la soulèvent à l'aide d'un levier et la portent sous le marteau. La partie la moins chaude, celle qui était opposée à la vanne, est d'abord exposée au choc; le marteau frappe lentement et fait écouler le laitier liquide. Le carbone, la silice et les corps étrangers se portent vers la surface de la masse et s'oxident ou tombent sous la forme de scories. On favorise ce mouvement en avançant ou reculant la pièce; puis en la retourne sur l'autre côté, et l'on continue l'opération en augmentant toutefois la vitesse du marteau. Voilà ce qu'on nomme le *cinglage*.

Cette première extension donnée à la pièce,

augmenter dans la même proportion. Mais comme le poids du marteau ne peut changer à chaque instant, on obtient le même effet en faisant varier la vitesse. Nous avons été assez heureux pour découvrir, après un travail de sept années, une machine compressive qui suit dans sa vitesse la proportion inverse de la ductilité du fer. Cette machine est tellement combinée, que le fer est pétri dans tous les sens et dans tous ses degrés de température avec la même force de percussion, et qu'une loupe ordinaire soumise à sa puissance, en ressort, au bout de sept secondes, sous la forme voulue et de la dimension qu'on a réglée d'avance.

on la retourne sur les côtés et de champ de manière à former une espèce de parallélipipède. Le marteau a acquis alors toute sa force et toute sa vitesse. Ensuite on coupe avec le *hacheron* cette loupe en plusieurs loppins qu'on place à mesure sur le feu. On les ébauche l'un après l'autre et on les remet dans le foyer pour les étirer sous les cylindres ou continuer de les battre sous le marteau.

On doit avoir soin de placer au-dessus de la tuyère, pour ne point l'exposer à l'action du vent, le loppin le plus refroidi, et de le laisser un peu plus long-temps au feu. On les retourne tous de temps en temps pour en chauffer toutes les faces, et on pousse la température jusqu'au blanc soudant.

Si l'on veut obtenir du fer martelé, on saisit, avec des tenailles à coquille, le premier loppin parvenu à la chaleur blanche, on le porte sous le marteau, on le bat et on le change en *maquette ;* on le met alors de côté pour en faire autant du second, et ainsi de suite, jusqu'à ce que tous aient été soumis à cette opération.

La chaude a lieu dans la renardière même ou dans un feu de chaufferie ; elle exige une attention soutenue et une grande expérience pour ne pas faire oxider le fer ; il ne faut donc exposer les loppins à l'action de l'air que dans le cas où le métal n'est pas parfaitement affiné. Si le carbone est entièrement dégagé, on peut protéger la pièce contre l'influence du vent, en la trempant dans du laitier et formant un enduit qui la préserve de l'oxidation.

Les maquettes une fois chauffées, on procède à leur forgeage en barres. C'est ici que doivent

Digitized by Google

s'exercer le coup d'œil et la sagacité du marteleur.

Il doit avoir grand soin de retourner la barre dans tous les sens, afin de la parer également sur ses quatre faces et pour que chacune d'elle touche tour à tour l'enclume, dont l'aire est toujours plus lisse que la panne du marteau. On augmente progressivement la vitesse du marteau, ainsi qu'on l'a fait au cinglage; mais si l'ouvrier s'aperçoit que le refroidissement est trop considérable, il laisse à l'une des extrémités un *corrond* ou petite masse qu'il remet à chauffer.

Lorsqu'on chauffe dans la renardière où l'on affine, le travail chimique est retardé par des chaudes successives, et l'affineur ne peut commencer le travail de la loupe, tant que les loppins sont remis au feu. Il faut donc redoubler d'activité pour éviter cet inconvénient grave, ou mieux, chauffer les pièces dans un four à part.

Un feu est desservi par cinq ouvriers : l'affineur qui préside non seulement au travail chimique du fer, mais encore au martelage et à la conduite matérielle des quatre autres ouvriers; le marteleur dont l'office est de diriger la pièce à cingler, de veiller à ce que le *renard* soit coupé convenablement en loppins, et qui a sous sa surveillance l'entretien particulier de l'ordon; deux chauffeurs, dont l'un assiste le maître affineur et l'autre est à la disposition du marteleur qu'il remplace dans certains cas; enfin, un aide qui est tour à tour employé à porter les charbons dans le feu et à tenir les échantillons étirés. Cet aide est supprimé dans beaucoup d'usines.

Les fers ronds de moindre dimension, les carillons, les bandelettes et les feuillards sont

produits par un petit marteau qui porte le nom de *martinet*. Ce martinet et son foyer de réchaufferie sont ordinairement desservis par deux ouvriers qui se partagent également la besogne et dont l'un est le martineur et l'autre le chauffeur.

On donne ordinairement au foyer de chaufferie du martinet une plus grande élévation audessus du sol afin de faciliter le travail et d'éviter que l'ouvrier ne se courbe. Le vent de ces foyers est moins fort que celui des renardières, et ils sont garnis, du côté du chio, d'une taque de fonte sur laquelle on appuie l'un des bouts de la pièce qu'il s'agit de forger.

La barre ébauchée est coupée, comme le renard, en pièces de plusieurs pieds de long ; ces pièces sont mises au feu et battues par le martinet à mesure que leur température le permet. Le chauffeur veille à distribuer également la chaleur et à chauffer les morceaux à mesure que le martineur les porte sur l'enclume.

La barre est d'abord forgée sur le travers de l'enclume et battue sur deux faces tour à tour, tant que sa température est élevée. Aussitôt qu'elle a acquis la longueur que cette température permettait de lui donner, on la pose dans le sens de la longueur de l'enclume et on procède au *parage*. La première chaude ne permet guère d'étendre le forgeage à plus d'un tiers de la barre ; c'est ordinairement le milieu qui est ainsi battu ; puis on procède au forgeage de l'un des bouts à la seconde chaude, et enfin l'autre extrémité est forgée à la troisième.

Le parage est singulièrement facilité par l'eau qu'on répand sur la surface du fer ; cette dispo-

sition lui donne une apparence unie et une couleur bleuâtre agréable.

Le fer rond demande à être préalablement équarri ; puis le martineur abat les arêtes du prisme, donne à la barre une forme grossièrement cylindrique et la fait chauffer. Ensuite elle est portée sous un martinet particulier dont la panne, ainsi que l'aire de l'enclume, porte une entaille demi-cylindrique dans laquelle on place la barre en ayant soin de la retourner à chaque coup de marteau. Ces deux entailles sont calculées de manière que leurs deux rayons soient égaux au diamètre que doit avoir le fer rond.

Dans beaucoup de forges, on corroie le fer et on obtient ainsi des produits d'une qualité supérieure.

Il est facile de concevoir que, quelle que soit la précision avec laquelle on forge le fer, le métal ne jouit pas à tous les points de la barre d'une compacité rigoureusement égale, et que sa ténacité et ses autres qualités sont plus ou moins affaiblies dans un endroit que dans l'autre. Ce vice est dû à la différence qui existe à chaque instant entre la ductilité du fer et la vitesse du marteau, de même qu'à la distance plus ou moins grande des points exposés à la percussion. Le corroyage est le moyen de remédier à ce mal.

On forge d'abord la pièce en barre plate de 18 à 30 lignes sur 3 lignes d'épaisseur ; on la porte ensuite aux cisailles et on la coupe en morceaux de 18 à 24 pouces de long. On réunit les morceaux les uns sur les autres en *trousses* à peu près carrées, et on porte ces trousses à la chaufferie où on les élève à la chaleur du blanc

soudant. Elles sont ensuite forgées et martinées sous la forme qu'on se propose d'obtenir.

Il faut une grande attention pour bien mélanger les fers dans une même trousse, de manière à ce que la qualité soit uniforme dans toute la longueur de la pièce. Néanmoins ce procédé est un excellent correctif, et l'on a observé que les fers cassant à chaud et ceux cassant à froid acquéraient ainsi une malléabilité qu'ils n'avaient pas antérieurement.

Le corroyage n'est cependant pas sans inconvénient : les lames coupées se recouvrent en refroidissant d'un oxide ou silicate de fer, et alors le soudage devient d'une grande difficulté. On y remédie en faisant suer les trousses dans le feu de chaufferie, et donnant au martinet toute sa puissance; mais alors le déchet est considérable, parce que les scories, en roulant, entraînent toujours une grande quantité de métal avec elles. Nous savons que la composition de ces scories est telle, que presque toujours elles sont plus riches en fer que le meilleur minerai employé dans les fourneaux.

Le travail du martinet dépense assez ordinairement 15 à 1800 kilog. de charbon pour obtenir 1000 kilog. de fer; chaque martinet produit de 2 à 300 kilog. en 12 heures.

CHAPITRE II.

Du Laminage.

Sitôt que les progrès de la civilisation et la consommation croissante du fer, firent sentir le besoin de produire davantage, on reconnut l'insuffisance des marteaux, et on chercha un moyen

Digitized by Google

plus expéditif pour l'étirage du fer. Le mouvement dut naturellement commencer dans un pays dont les relations commerciales couvraient une partie du globe, et qui trouvait dans ses exportations un aliment digne d'une grande industrie. L'emploi récent du coke au traitement des minerais et les essais qu'on n'avait cessé de faire depuis 1720, pour l'affinage à la houille, conduisirent H. Cort à la découverte du pudlage, et dès 1787, l'Angleterre commença à se servir des laminoirs. (1)

Déjà, avant 1750, la Loraine avait inventé les cylindres pour la fenderie, et vers 1760 on admirait, à Essonne, les équipages de laminoirs établis pour profiler les plates-bandes de balcons à deux doucines. Néanmoins cette invention toute française devait aller revêtir un habit étranger avant de revenir dans son pays natal, et il en fut des laminoirs comme de l'art de rendre la fonte douce, art enseigné par Réaumur en 1722, pratiqué immédiatement après en Angleterre et rendu à la France, vers 1800, par M. Baradelle, qui fut obligé de l'emprunter aux Anglais.

L'opération du laminage se divise en deux parties : le dégrossissage et l'étirage. Ces deux manipulations sont séparées l'une de l'autre par une troisième opération qu'on appelle corroyage, et par la nécessité de remettre le fer dans un feu de réchaufferie. Nous suivrons cette répartition du travail et formerons trois divisions du laminage, que nous allons décrire dans l'ordre de leur exécution.

---

(1) Brevet de H. Cort du 13 février 1784; Brevet de W. Parnell, du 5 juin 1787.

On donne le nom de *laminoirs* à plusieurs cylindres massifs placés horizontalement et superposés l'un à l'autre, de manière qu'une barre de fer, s'étirant entre les deux, forme la tangente des deux cercles de section. Chaque laminoir se compose de cinq parties : le corps ou rouleau sur lequel s'opère l'étirage; deux *tourillons* qui appuient sur des crapaudines en cuivre soutenues par des empoises, et deux tiges carrées faites pour recevoir des roues dentées ou tout autre intermédiaire du moteur. Quatre montans en fonte, encochés sur une semelle de même métal, forment la *cage* des laminoirs. On appelle *équipage* l'ensemble de toutes ces pièces.

Quelquefois les deux montans de droite et de gauche ne forment qu'une seule pièce, et les empoises sont serrées sur les tourillons à l'aide d'une vis mobile; l'équipage est alors dit *à cage massive :* souvent les montans sont raccordés par des brides mobiles, et leurs extrémités supérieures forment la vis sur laquelle tourne un écrou. C'est ce qu'on appelle *équipage à colonnes.* Le but de ces vis est de déterminer l'écartement des cylindres et de donner à la barre étirée l'épaisseur voulue. Dans les espatards de fenderie et de tôlerie, cet écartement n'est sujet qu'à des variations de quelques millimètres; aussi emploie-t-on de préférence, pour le déterminer, des *clefs* ou *clavettes* qui se serrent dans les mortaises des montans. Cette disposition évite la dépense, toujours fort considérable, des vis et des écrous taraudés.

Les laminoirs pour le fer en barres rondes, carrées ou plates, sont ordinairement en fonte commune; ceux pour tôlerie, feuillards, rubans

ou cercles, sont durcis à la surface jusqu'à deux ou trois pouces intérieurement : ils sont alors susceptibles de recevoir le poli et de donner à la surface des bandes étirées une régularité fort grande. Les Anglais coulent ces laminoirs dans des appareils faits exprès auxquels ils donnent le nom de *child;* ils prennent tous les soins possibles pour la confection de ces cylindres. Aussi leur feuillard est-il remarquable par sa beauté et son poli. Nous ne connaissons que la Basse-Indre, près de Nantes, qui puisse, en France, rivaliser, pour les mêmes produits, avec ces redoutables adversaires.

La vitesse des laminoirs doit être assez grande pour que la barre de fer passe plusieurs fois entre les cylindres sans perdre sensiblement de sa malléabilité; elle ne doit cependant pas dépasser une certaine limite : trop grande, elle ferait échauffer les cylindres et leur ôterait de leur dureté; trop petite, elle donnerait à la barre le temps de se refroidir.

Le but de l'étirage est de détruire les pores du fer, d'en rapprocher les molécules, de leur donner une disposition allongée, et de rendre au métal sa compacité naturelle. Cet effet sera d'autant plus facilement produit, que le fer sera dans un état plus approchant de la fusion : il est donc important de soumettre la loupe à la compression des cylindres, dans sa température la plus voisine du passage de l'état solide à l'état liquide, parce qu'alors les molécules sont moins soumises à la force de cohésion et obéissent plus facilement à l'impression qu'on leur donne.

ARTICLE Ier.

Dégrossissage.

Le dégrossissage est l'opération par laquelle on met à profit la haute température du loppin pudlé, pour le réduire à une dimension moins forte, et en barres susceptibles d'être réchauffées et corroyées.

Les laminoirs dégrossisseurs étant destinés à comprimer des masses assez considérables, doivent être d'un grand poids et fortement assujettis dans leurs cages; ils peuvent avoir indifféremment des écrous fixes ou mobiles. Les crapaudines sur lesquelles reposent les tourillons sont composées de 9 parties de cuivre et 1 partie d'étain. Les laminoirs font de 60 à 240 tours par minute.

Les laminoirs dégrossisseurs se subdivisent ordinairement en laminoir *ébaucheur* et laminoir *préparateur*. Quelquefois ces deux subdivisions se distinguent sur un même laminoir dégrossisseur auquel on donne une longueur proportionnée ; le plus souvent, et c'est le mieux, elles font l'objet de deux équipages différens : un cylindre trop long relativement à son diamètre est sujet à se briser dans certaines circonstances ; on ne peut avoir la même crainte lorsque cette longueur est répartie sur deux cylindres différens.

Le laminoir ébaucheur peut avoir de 3 $\frac{1}{2}$ à 4 pieds de long sur 16 à 20 pouces de diamètre; il renferme 9 à 10 cannelures d'une forme particulière et tellement proportionnées, que la barre de fer passe de l'une à l'autre sans secousse et sans obstacle. Celle de la *Fig.* 30 paraît offrir

tous ces avantages ; elle est généralement adoptée en Angleterre.

Pour l'obtenir, on décrit du point D, comme centre, la circonférence B K L K ; du milieu de L K, on trace les arcs B F et B E coupés en F et en E par F E, qui coupe à son tour B D en deux parties B G et G D, qui sont entre elles : : 2 : 1. L'extra-diamètre $AC = BL + \frac{BL}{6}$, ce qui donne pour A K ou K C (sett off diameter), $\frac{BL}{12}$, ou bien $\frac{BD}{6}$. Il est aisé d'après cela de trouver les points A et C, par lesquels et par F et E on fait passer les arcs A F et E C, dont le rayon H F ou H E = M I.

Soit, par exemple, le diamètre B L = 6,416 pouces; à 6,416 ajoutant le $\frac{1}{6}$ ou 1,069, nous aurons 7,485 pouces pour la plus grande ouverture de la cannelure (A C); la profondeur D B sera $\frac{6,416}{2}$, ou 3,208.

Il n'existe aucune donnée d'expérience pour résoudre la question de la force de compression nécessaire pour l'étirage du fer dans ses différentes températures; on ne sait point quelle est la résistance qu'oppose une barre aux époques du travail pendant lequel la cohésion varie : tous les essais qu'on a faits se rapportent à des pièces fabriquées employées à la température ordinaire. Une série d'expériences que nous avons entreprises en 1825, et que des circonstances particulières nous ont forcé d'abandonner momentanément, nous ont conduit à des résultats qui

diffèrent assez de ceux obtenus par la méthode anglaise la plus répandue. Néanmoins, comme nous ne pouvons pas encore présenter une théorie certaine et appuyée sur une pratique suffisante, nous donnons ici les règles qui se rapprochent le plus des formules que nous avons trouvées et qui d'ailleurs ont reçu la sanction de l'expérience. Nous espérons par la suite offrir au public une théorie plus exacte des cannelures, mais nous pouvons assurer que celle ci-après donne des résultats très satisfaisans.

Les cannelures d'un laminoir ébaucheur vont en décroissant, suivant une progression géométrique dont la raison est 1,142 ; c'est-à-dire que la valeur de B L est représentée à chaque nouvelle cannelure par BL : $\frac{BL}{1,142} : \frac{BL}{(1,142)^2} : \frac{BL}{(1,142)^3}$, etc.; donc la profondeur u d'une cannelure quelconque n dans l'ordre qu'elles suivent à partir de la plus grande a, qui est en même temps la première, se trouvera en réduisant l'équation $u = \frac{a}{q^{n-1}}$. (1)

(1) Il peut être quelquefois utile de connaître la proportion qui existe entre la longueur d'un laminoir, le nombre et la grandeur des cannelures ; on la trouvera par la formule $S = \frac{qa-u}{q-1}$ de la sommation des progressions géométriques : en effet, si le laminoir a 49,481 pouces de long, on aura en nombres

$$49,481 = \frac{(1,142) \times (7,485) - u}{(1,142) - 1} = \frac{(8,548) - u}{0,142} ;$$ ce qui donne enfin la valeur de $u = 1,521$, ou la treizième cannelure, en faisant $a = 7,485$, ce qui est *ad*

Nous donnons ici le tableau d'une série de 24 cannelures calculées d'après ce principe.

Numéro de la Canne-lure.	Valeur de BL	Valeur de AC	Numéro de la Canne-lure.	Valeur de BL	Valeur de AC
1	6,416	7,485	13	1,304	1,521
2	5,619	6,555	14	1,142	1,332
3	4,920	5,740	15	1,000	1,166
4	4,308	5,026	16	0,875	1,021
5	3,772	4,400	17	0,766	0,894
6	3,303	3,853	18	0,671	0,782
7	2,892	3,374	19	0,589	0,687
8	2,533	2,955	20	0,516	0,602
9	2,218	2,587	21	0,452	0,527
10	1,942	2,265	22	0,393	0,459
11	1,700	1,983	23	0,344	0,402
12	1,489	1,737	24	0,301	0,352

On fait aux deux premières cannelures des entailles qui servent à griffer la loupe et à la forcer d'entrer sous le laminoir; on favorise encore cette saisie par la forme octogone qu'on donne au tourillon communicateur (*connecting rod*) qui réunit le laminoir au moteur, et tourne sur une empoise circulaire, armée d'une cra-

libitum. Dans la pratique, on a soin de laisser 0,25 à 0,50 pouces d'intervalle entre chaque cannelure. Il suffit de les retrancher dans le premier terme avant le calcul.

paudine et appuyée sur un chantier solide. Deux roues dentées attachées aux carrés communiquent le mouvement aux deux cylindres.

Le pudleur ou son aide apporte le loppin sous le laminoir. Il doit le présenter à la cannelure N°. 1, de manière à ce qu'il soit comprimé dans le sens de sa longueur; il a soin de se retirer aussitôt de côté pour éviter les battitures qui jaillissent de toutes parts. Le *lump* appartient alors au lamineur qui le suit sous les différentes cannelures décroissantes.

S'il venait à se rompre, et que les morceaux ne fussent pas assez gros pour présenter une certaine résistance à la 2e ou 3e cannelure, le lamineur devrait les jeter de côté ou les remettre à l'aide-pudleur, à la fin de l'opération qui regarde son fourneau. La pression des laminoirs n'est pas assez considérable pour qu'on se dispense de l'étirage d'une ou deux cannelures; et c'est ce qui arriverait, s'il fallait présenter le loppin à la 3e ou 4e cannelure seulement.

L'équipage d'un laminoir ébaucheur se compose de deux ouvriers : un lamineur et un aide. Le lamineur présente le lump, de manière que les arêtes les plus saillantes soient pressées par les angles obtus des cannelures : cette mesure donne au travail un degré de perfection de plus. Il dirige le laminage et suit la barre jusqu'à la dernière entaille du cylindre. L'aide la reçoit au moyen de longues pinces ou tenailles fixées au plafond de l'atelier par une chaîne de fer et la repasse, par-dessus le laminoir supérieur, au premier ouvrier.

Lorsque le loppin est dégrossi et réduit en

barre à peu près carrée, il est porté sous le laminoir préparateur (*Fig.* 32).

Ce laminoir diffère de celui ébaucheur (*Fig.* 31) en ce que les cannelures ont une forme plate rectangulaire; elles sont tellement disposées que la partie saillante d'une cannelure du laminoir supérieur entre dans celle creuse d'une cannelure du laminoir inférieur.

Les cannelures suivent la même progression que celle des laminoirs ébaucheurs, et on le conçoit aisément, puisque la raison de cette progression est fondée en même temps sur la puissance croissante de pression des cylindres et sur la ductilité décroissante du fer à ses diverses températures.

Elles sont accouplées deux à deux et calculées de manière à déplacer alternativement les molécules du fer dans le sens de l'épaisseur et dans celui de la largeur; le champ est libre pour la longueur : on opère, par ce moyen, une espèce de pétrissage qui tourne au profit du métal et lui donne de la ténacité et une texture nerveuse et allongée.

La barre ébauchée est portée immédiatement après sous le laminoir préparateur; mais sa température a décru aussi-bien que sa malléabilité : on doit donc augmenter la pression pour produire un effet égal, et la vitesse pour profiter du reste de ductilité qui diminue géométriquement. Ainsi, on donnera au laminoir préparateur des dimensions plus grandes qu'à celui ébaucheur : son diamètre devra être de 20 à 22 pouces, sa vitesse de 90 à 120 tours par minute. Les maîtres de forges qui réunissent les deux laminoirs sur le même arbre, et ceux encore qui n'en font qu'un

seul et même équipage, sont donc dans l'erreur et n'obtiennent pas le résultat qu'ils en pourraient attendre. Quelques uns, la plupart même, soutiennent le laminoir préparateur à l'aide d'empoises, parce qu'ils prétendent qu'il est nécessaire de déterminer l'écartement des cylindres. C'est, suivant nous, une opinion erronée : on perd par ce moyen une pression assez forte produite par le poids même du laminoir.

Le lamineur doit présenter la barre ébauchée une seule fois sous la première cannelure, et autant qu'il le juge à propos sous la seconde, en ayant soin de la placer tantôt dans un sens, tantôt dans un autre, mais toujours sur son plat. L'aide se sert de pinces ordinaires pour recevoir le fer étiré; mais, attendu le poids de la barre et sa grande longueur, un garçon la soutient avec un crochet ou gambier, et facilite le travail de l'aide pour la relever sur le laminoir supérieur.

Lorsque la barre a passé la dernière cannelure le nombre de fois voulu, elle porte le nom de *bilette* (billet); on la porte à la balance, où le contre-maître (stock-taker) au laminage la pèse pour la paie du pudleur : ensuite elle est remise entre les mains d'un ouvrier chargé de la couper à des longueurs déterminées, afin d'en former des trousses de réchaufferie (blums).

Cette opération s'effectue à l'aide de cisailles de fonte mues par un moteur puissant; elles sont garnies d'une lame d'acier trempé à leur mâchoire supérieure, ainsi que la table en fonte qui forme la mâchoire inférieure. Ces lames sont fixées par des boulons écroués et peuvent être changées à volonté. La résistance que présente le fer doit guider dans la force qu'il est nécessaire

de donner aux cisailles; elles se rompent fort souvent : aussi a-t-on soin de ne couper à froid que les barres dont la section transversale est moindre que 144 lignes carrées (1 pouce carré). Un régulateur ou *copéimètre* met à même de couper à des longueurs désignées : car il est toujours dangereux de rien laisser à la volonté de l'ouvrier.

Rien de plus varié que la forme de ces cisailles; rien aussi de plus facile à construire. Celle qui est représentée par la figure 33 est prise au hasard dans une des forges de la Bourgogne.

Le mouvement est communiqué par l'excentrique à rebord A, à la cisaille E, garnie au point B d'une lame d'acier. Cette cisaille a sa charnière à clavette en D, appuyée sur un montant G qui tient à la plateforme ou semelle K, boulonnée en J J. La mâchoire supérieure C est garnie d'un couteau d'acier trempé, lequel y est fortement retenu par des boulons à écrous; la mâchoire inférieure I, qui fait partie du montant, porte un semblable couteau. A Perrecy-les-Forges (Saône-et-Loire), deux autres couteaux sont placés aux points L et F, de manière qu'une même cisaille peut couper à la fois deux barres de fer et servir à deux ouvriers.

Au fur et à mesure que les barres sont coupées, des manœuvres en portent les morceaux près du fourneau de réchaufferie. Là, ils sont disposés les uns sur les autres, de manière à former des trousses égales en hauteur et en largeur; ensuite ils sont soumis au corroyage.

ARTICLE II.

Étirage.

Le laminage du fer, moyen de compression bien souvent imparfait, distribue assez inégalement la force dans le tissu du métal : les molécules les plus rapprochées d'un plan qui passerait par l'axe du cylindre, sont toujours plus fortement comprimées que celles qui, en s'écartant par le mouvement interne, trouvent une résistance passive dans la force de pression oblique. Nous avons montré comment on réparait cette *tissure* irrégulière en réunissant plusieurs pièces plates de fer qu'on assemble en trousses (piles), et en les plaçant dans un fourneau de réchaufferie, où, d'après la propriété que possède le fer, on les soude en une seule masse. Une barre de fer qui n'eût présenté qu'un tissu lâche, plein de solutions de continuité, acquiert par ce moyen du nerf, en même temps que de la ténacité.

On forme les trousses de manière à ce que leur largeur soit à peu près égale à leur épaisseur. La longueur varie suivant les proportions de la barre qu'on veut obtenir. Le déchet que peut éprouver une pile dans la réchaufferie et sous les laminoirs étireurs est évaluée à 1 $\frac{1}{2}$ ou 2 pour cent. Il est dû au suintement des silicates et des battitures.

Le fourneau de réchaufferie est un four à réverbère ayant à peu près les dimensions de ceux à pudler ; la voûte seulement en est plus surbaissée, la porte du foyer plus étroite et l'extrémité

de la sole plus inclinée. Les registres doivent être aussi plus rapprochés du rampant; car nous devons faire remarquer, en passant, que du plus ou moins d'ouverture de ces registres, dépend le plus ou moins de déchet des trousses.

Le chauffeur place les piles sur l'autel, à 3 ou 4 pouces de distance l'une de l'autre; il se sert, pour cela, d'une pelle en fer, laquelle peut contenir plusieurs piles à la fois. Un aide-chauffeur les lui apporte.

Au bout de 15 à 20 minutes, les piles sont en état d'être livrées au lamineur. Le chauffeur les retire une à une avec des pinces et porte chacune d'elles sous la première cannelure des laminoirs. Pour ne pas refroidir le fourneau, le garçon qui ouvre la porte du foyer, a soin de la refermer aussitôt qu'une pile en est sortie.

Le laminoir étireur se compose encore dans beaucoup de forges de deux cylindres superposés placés dans des cages fixes. Tel était l'ancien système dans lequel un lamineur recevait le fer de la réchaufferie et le présentait à la cannelure; un autre le retirait de la cannelure et le passait sur le laminoir au premier ouvrier. La barre recevait ainsi 8 à 10 pressions et passait 16 à 20 fois d'une main à l'autre.

Les Anglais, vers le commencement de la dernière paix, imaginèrent de superposer trois cylindres horizontaux, de manière que les deux premiers tournassent dans un sens et le troisième dans un autre. La barre présentée par le premier lamineur à la cannelure supérieure arrive, dans ce système, au second ouvrier qui la place de suite sous la cannelure inférieure. On évite, par ce moyen, de repasser la barre sans lui faire su-

bir de compression ; et, tout en la soumettant à un même nombre d'opérations, elle n'emploie que 8 à 10 trajets, au lieu de 16 à 20, dans le premier système.

Cette découverte, à son apparition en Angleterre, produisit une telle sensation dans les forges, que le prix du fer fléchit de suite et descendit, en peu de temps, de 30 à 40 pour cent. Aujourd'hui le nouvel appareil est généralement adopté en Angleterre. Déjà un grand nombre d'usines en France s'en servent avec le plus grand succès.

Le laminoir ternaire (*Fig.* 34) n'a pas seulement sur le laminoir binaire l'avantage d'offrir une grande économie de temps, il diminue encore le déchet du fer dans le laminage ; car le métal restant exposé plus long-temps au contact de l'air, sa surface se recouvre de plus de battitures, et cet oxide se détachant à chaque pression, une nouvelle enveloppe se forme immédiatement et éprouve le sort de la première. Ainsi, le déchet augmente progressivement, puisque à mesure que la température décroît, la surface se développe davantage.

Les cannelures des laminoirs étireurs varient avec la forme qu'on veut donner à la barre de fer ; elles offrent la forme plate pour le fer plat, et alors les laminoirs emboîtent l'un dans l'autre comme aux cylindres préparateurs. Pour le fer carré, elles présentent une entaille à angles droits ; la réunion de celle supérieure et de celle inférieure par le côté de l'hypothénuse offre un passage exactement carré. Quant à la forme ronde, la figure 35 la fait connaître. Elle ne diffère de celle que nous avons précédemment dé-

crite à l'article du dégrossissage (*Fig.* 30), que parce que la courbe circulaire FBC est conservée dans toute sa pureté, et que AF et EC sont deux lignes droites. L'ouvrier qui tourne les cannelures du laminoir doit avoir grand soin de ne pas entamer les saillies C et F, où la ligne droite touche le cercle. Les règles que nous avons données précédemment serviront à trouver toutes les cannelures de laminoirs.

Lorsqu'on veut faire du feuillard ou fer à cercles, on aplatit d'abord la barre sous les laminoirs étireurs, puis on la porte sous un laminoir binaire de forte dimension, qui la réduit à la grosseur voulue. L'essentiel, dans cette fabrication, est d'avoir des laminoirs dont la surface soit bien durcie ou acérée, de gratter la barre, avant son entrée sous les cylindres, à l'aide d'un grattoir mécanique qui lui enlève l'oxide formé à la surface, et de finir le feuillard à la température rouge.

CHAPITRE III.

De la Fenderie.

On ignore le nom de l'ingénieux inventeur des fenderies. On sait seulement qu'elles sont originaires de la Lorraine, et qu'elles y apparurent vers la fin du 17e siècle.

Le but de la fenderie est d'obtenir en peu d'instans un grand nombre de barres de fer qui sont destinées à certains usages, tels que la clouterie, etc.

Les barres qui doivent être fendues sont larges et plates; elles portent le nom de *bidons;* elles

sont beaucoup plus épaisses que les *verges* qu'il s'agit d'obtenir ; et, pour les amincir, on les fait passer entre deux laminoirs cannelés, qu'on appelle *espatards*. Les espatards sont des cylindres dont la surface a été durcie jusqu'à un pouce ou deux de profondeur (1). Ils sont enchâssés d'une manière analogue aux laminoirs ordinaires.

Lorsque le bidon a été aplati sous les espatards, à la chaleur blanche, un peu au-dessous du blanc soudant, on le porte sous les *découpoirs*, où il doit se diviser en autant de barres qu'on l'a jugé à propos.

Les espatards doivent être cannelés, afin que le bidon, en s'étirant, ne puisse pas s'étendre en même temps dans le sens de la longueur et dans celui de la largeur. Cette attention est d'autant plus nécessaire que l'opération de la fenderie devant être accomplie rapidement, on ne saurait donner au fer trop de nerf et de ténacité. Il est bon encore, dans ce but, de repasser le bidon au moins deux fois sous les espatards, mais on doit éviter de le reporter à la réchaufferie avant de le placer sous les découpoirs.

Les découpoirs se composent de deux trousses. Chaque trousse est formée d'un arbre en fer divisé en cinq parties, dont une, celle du milieu, est prismatique et a 4 pouces environs de côté. On place sur cet arbre des *taillans* circulaires ou *ron-*

---

(1) Il y a peu d'années il était extrêmement difficile de se procurer en France des laminoirs durcis jusqu'à 1,5 à 2 pouces de profondeur. On les faisait venir d'Angleterre. Aujourd'hui M. *Laurent Thiébaut* nous a affranchi du tribut que nous payions à nos voisins.



delles en acier ou aciérées, et on sépare ces taillans les uns des autres par de *fausses rondelles* d'un diamètre moindre. Les taillans ont 6 pouces de rayon, les fausses rondelles 3 à 4 pouces. Ils portent tous au centre un trou carré dans lequel s'introduit aussi exactement que possible la mèche centrale de l'arbre, sur laquelle on les assujettit. On les fixe en outre entre eux à l'aide de barres qui les traversent parallèlement à l'axe du cylindre. On donne aux taillans une épaisseur égale à celle de la verge qu'on veut obtenir.

Les arbres et leurs rondelles sont enchâssés à la manière des laminoirs et peuvent se rapprocher l'un de l'autre. Les lames des taillans emboîtent l'une dans l'autre, de manière que la trousse inférieure a toujours deux lames de plus que celle supérieure. Le nombre de ces lames dépend du nombre de barres qu'on veut obtenir.

Pour empêcher les verges de s'enrouler autour des rondelles, on place, entre les deux trousses des découpoirs, des *fourchettes* en fer. Ce sont des plaques fixées entre chaque taillant et la fausse rondelle qui lui correspond dans l'autre trousse. A mesure que le bidon se divise, les verges qui en proviennent rencontrent les fourchettes et sont forcées de suivre la ligne droite.

Les chaufferies presque généralement adoptées partout aujourd'hui sont des fours à réverbère semblables à ceux que nous avons décrits en parlant de l'étirage à l'anglaise. La voûte de ces fours est très basse, et l'on a soin de ne pas leur donner un trop fort tirage. Pour cela, on diminue l'ouverture du rampant, et l'on adapte un tiroir à la partie inférieure de la cheminée. La conduite du four à réchauffer est du reste la même que celle

du *reheating furnace* dont nous avons déjà parlé.

Deux ouvriers suffisent pour le service des deux trousses. Un chauffeur reste pendant ce temps au fourneau et en dirige le feu.

Dans quelques usines, on a adopté la méthode de battre les bidons au marteau, avant de les engager sous les découpoirs. La verge qui en provient est bien supérieure à celle qui a simplement été préparée sous les espatards. Nous pouvons citer des verges que nous avons vues à Gueugnon (Saône-et-Loire), et qui l'emportaient certainement en qualité sur toutes les verges laminées qui s'écoulent dans le commerce.

QUATRIÈME PARTIE.

DES USINES QUI EMPLOIENT LE FER OU LA FONTE.

Les bornes de cet ouvrage ne nous permettent pas d'entrer dans tous les détails de fabrication des établissemens dans lesquels on travaille le fer préparé et où on lui donne les formes et les qualités voulues par les arts; les fonderies, les aciéries, les tôleries, les ferblanteries, les tréfileries, etc., demanderaient chacune des traités particuliers qu'il ne peut entrer dans notre objet d'entreprendre, et pour lesquels l'espace d'ailleurs nous manquerait. Nous passerons donc rapidement en revue le travail de ces usines et les diverses opérations auxquelles le fer est soumis. Les principes que nous avons développés dans notre ouvrage, nous dispensent souvent d'explication longues, mais nécessaires; nous conseillons à nos lecteurs de s'y reporter et de se bien pénétrer de la théorie du fer, avant d'entreprendre la lecture de notre quatrième partie.

Nous croyons notre tâche terminée; nous avons montré comment on parvenait à fabriquer le fer en barres, le fer marchand; le reste n'est plus qu'accessoire à l'art des forges. Ces connaissances de luxe sont cependant nécessaires au maître d'usines et au métallurgiste, en ce qu'elles le mettent à même de juger des qualités de fontes ou de fer nécessaires pour tel ou tel art, et qu'à

leur aide, il peut établir ainsi une classification raisonnée.

Parmi ces diverses fabrications, deux surtout semblent appartenir plus particulièrement aux usines à fer; ce sont la fonderie et le travail de l'acier. La première, née sur notre sol, où elle a reçu tout son accroissement entre les mains de Réaumur, est destinée à jouer un grand rôle dans la civilisation et l'industrie modernes. La seconde, vieille comme la découverte du fer, est d'une nécessité absolue dans les arts, et forme un des élémens du travail manufacturier.

Dans une forge bien administrée, une fonderie est absolument nécessaire pour le remplacement des objets mécaniques détériorés ou brisés; les outils des ouvriers ont besoin d'être continuellement acérés, quelques uns même doivent être faits en acier entièrement; beaucoup d'ustensiles sont confectionnés en tôle plus ou moins mince. S'il fallait acheter tous ces objets, ou les faire faire hors de l'usine, ils deviendraient trop dispendieux et demanderaient un temps trop considérable. Il faut donc, dans un grand établissement, avoir des ouvriers au fait de ces sortes de travaux, et le chef qui les dirige ne doit pas y être étranger.

Nous le répétons d'ailleurs : ce sont plutôt des connaissances générales qu'un travail complet sur ces diverses branches de la métallurgie, que nous offrons au public. Plus tard peut-être serons-nous à même de les embrasser en particulier avec toute l'étendue qu'elles méritent.

SECTION PREMIÈRE.

DES FONDERIES.

On donne le nom de fonderie à un établissement dans lequel on rend le métal liquide, et on le coule dans des moules où il acquiert des formes variées et propres à divers usages.

Il est évident, d'après les principes que nous avons développés dans cet ouvrage, qu'il est impossible de couler le fer pur, et qu'il ne s'agit dans les fonderies que d'opérer la fusion de la fonte ou fer carburé. L'expression de *fer coulé* employée généralement (*cast iron* des Anglais) ne doit donc pas se prendre dans son sens propre.

Aujourd'hui, le travail de la fonte précède presque partout le travail du fer; les anciens cependant n'ont pas connu la fonte, et il est très probable qu'ils ne l'auraient jamais obtenue s'ils se fussent toujours servi de bas-fourneaux et qu'ils eussent toujours employé des minerais fort riches. Leur premier produit liquide en ce genre fut sans doute dû au hasard, et il dut se passer bien des années avant qu'il leur vînt à l'idée de le convertir en objets coulés. L'art du moulage en fonte n'est pas non plus fort ancien en Angleterre; les grilles de Saint-Paul leur ont été apportées, il y a à peine deux siècles, de la Hollande; aujourd'hui, le commerce de Londres fournit des objets en fer fondu au monde entier.

Un grand nombre de pièces peuvent être moulées immédiatement au haut-fourneau; mais ce

moyen présente quelquefois des inconvéniens qui ne permettent pas de s'en servir indifféremment. Lorsqu'ils sont alimentés par le coke, la fonte qu'ils donnent est trop carburée; le développement du graphite la rend poreuse, et elle n'est pas propre au moulage des objets délicats. C'est ainsi qu'on a vainement essayé en Angleterre, sous nos yeux, de fondre des petites médailles semblables à celles qui viennent de Berlin. Dans un haut-fourneau au bois, au contraire, tel que ceux employés généralement en France, la fonte est peu chargée en carbone, n'a qu'une faible fusibilité, se fige facilement et ne remplit pas les moules. Il est donc, dans beaucoup de cas, nécessaire d'avoir une fonderie particulière, où la fonte déjà obtenue du haut-fourneau est fondue une seconde fois et appropriée aux moules qu'il faut remplir. Ajoutons à cela que les creusets de la plupart des hauts-fourneaux ne contiennent pas assez de fonte pour couler des pièces d'une grande dimension, ce qui n'a pas lieu dans une fonderie établie sur une grande échelle.

La fonte qui doit être soumise à une seconde fusion est nécessairement grise, car quelque précaution qu'on prenne, elle perd toujours une partie de son carbone en se liquéfiant, et il faut conséquemment qu'elle en contienne assez pour que sa fusibilité ne soit pas sensiblement altérée. On ne peut employer à cet usage la fonte manganésifère, parce qu'elle se fige trop facilement et devient aigre en refroidissant, ni la fonte truitée qui passe trop rapidement à la fonte blanche.

La fonte des fourneaux à coke convient parfaitement à la fonderie, lorsqu'elle n'est pas surcarburée; les pores qu'on y remarque, après la

première fusion, disparaissent à la seconde, parce que le graphite, séparé d'abord du métal, se répand ensuite dans la masse et donne à la pâte une plus grande uniformité. Néanmoins cette fonte, presque toujours chargée de substances terreuses, n'est point propre à remplir exactement les petites cavités des moules d'une grande délicatesse ; ce travail ne peut être opéré qu'avec de la fonte grise obtenue du charbon de bois, dans laquelle les métaux terreux ne peuvent pas être mis à nu. (1)

Quoi qu'il en soit, la refonte exige une consommation et une main-d'œuvre considérables. Il est donc important de couler en première fusion et directement du haut-fourneau, tous les objets qui se vendent à bas prix et qui ne peuvent supporter un surcroît de dépense. Dans cette classe sont les marmites, les galettières, les grilles de balcon, les marmousets, les gueuses de lest, etc., etc.

On peut diviser tout ce qu'il y a à dire sur les fonderies en trois parties : la fusion, le mou-

(1) On a remarqué dans quelques grandes usines que les roues d'engrenage d'une certaine dimension, qui éprouvaient une forte résistance, cassaient plus facilement lorsqu'elles étaient en fonte française, qu'en fonte venue d'Angleterre. Cette remarque n'est pas sans importance : la fonte sur-carburée des fourneaux anglais est beaucoup plus douce et plus *liante* que la fonte au charbon de bois de nos fourneaux de fusion. Celle-ci acquiert bien souvent de l'aigreur en se refroidissant, et sa fusion, lorsqu'on la destine au moulage, demande beaucoup plus de précautions que la fonte au coke.

lage et le coulage de la fonte. La première comprend le travail des fourneaux employés à la refonte; la seconde, l'art de former les moules et de les préparer; et la troisième, l'opération de la sablerie et l'achèvement des objets coulés. Nous ferons de ces trois divisions trois chapitres séparés.

CHAPITRE PREMIER.

De la Refonte du fer cru.

On opère la refonte dans les fonderies, au moyen de trois procédés différens, qui tous ont leurs avantages et leurs inconvéniens.

Ou l'on place la fonte dans des creusets fermés qu'on couvre de combustible, et alors la formation de l'acide carbonique devient très difficile;

Ou on la place dans un fourneau à manche en couches alternatives avec le charbon, de la même manière que le minerai dans le haut-fourneau, et, par ce moyen, la fonte n'est pas exposée à se décarburer, et acquiert, au contraire, une plus grande fusibilité;

Ou enfin elle est mise sur la sole d'un fourneau à réverbère, et exposée au courant d'air brûlé.

Dans la première méthode, la fonte ne subit aucun changement sensible; mais on ne peut en liquéfier à la fois que de 10 à 25 kilogrammes. Ce procédé est donc dispendieux et ne peut être employé que pour les petits objets.

La fonte exposée dans les fourneaux à manche, à une température bien au-dessous de celle des hauts-fourneaux, ne saurait s'y sur-carburer, mais elle change ordinairement son grain et de-

vient plus fine et plus serrée. Il n'est pas rare de la voir prendre de la dureté et de la blancheur dans cette seconde fusion, tant il est difficile de la préserver entièrement du contact de l'air atmosphérique.

On se tromperait beaucoup si l'on pensait qu'il fût impossible de conserver à la fonte dans le four à réverbère la plus grande partie de son carbone : si la fusion est rapide et que la fonte ne reste pas long-temps sur la sole à l'état de bain, elle éprouve peu de changement; si, au contraire, elle ne fond que lentement, le carbone se transforme peu à peu en acide, et finit même, en certaines circonstances, par réduire le carbure à l'état de *fine metal.* Les cylindres à laminer le fer, les enclumes et autres objets susceptibles d'être soumis à une force de pression ou de percussion, doivent être coulés de préférence dans le four à réverbère, parce que la refonte donne au métal un grain plus fin, plus serré, une dureté plus grande, sans aigreur cependant, et que, lorsque l'opération est bien conduite, le tissu n'est jamais lamelleux, comme il arrive presque toujours dans la fonte blanche.

ARTICLE PREMIER.

De la Fusion dans les creusets.

Les fourneaux à vent dans lesquels on place les creusets destinés à recevoir la fonte, ont la forme indiquée par la *Fig.* 36; ils sont composés d'une cuve A terminée par la grille B, sur laquelle se placent les creusets qu'on introduit par une ouverture de la plaque C, laquelle ouverture se ferme à coulisse lorsqu'on commence

l'opération. Alors l'air brûlé et la fumée s'échappent, par le *rampant* D, à travers la cheminée E.

Le cendrier F, par où l'air afflue à la grille, doit être assez grand pour alimenter d'oxigène le charbon placé sur le foyer; l'intérieur du fourneau est conçu de manière à permettre toute la dilatation de l'air brûlé, et le rampant D doit être construit de manière à activer le tirage. Ces dimensions se calculent facilement d'après les données que nous avons enseignées à l'article des fourneaux à réverbère, et les mêmes précautions sont nécessaires pour les fourneaux à vent.

Comme la densité de l'air varie avec la température de la saison, et qu'en diverses circonstances cet air est lui-même plus ou moins propre à la combustion, on établit ordinairement, dans le rampant, un tiroir qui sert à retarder ou accélérer le tirage, suivant qu'il est plus ou moins ouvert. Néanmoins ce registre ne peut entièrement suppléer à la mauvaise construction du fourneau, et il faut ne pas s'écarter des principes que nous avons donnés.

Les creusets ne sont pas placés immédiatement sur la grille; ils sont posés sur des gâteaux réfractaires qui les préservent du contact de l'air et les empêchent de se briser. Les creusets en graphite sont trop coûteux pour être employés dans les manufactures; il faut donc se servir de creusets faits d'argile réfractaire : lorsqu'ils sont de bonne qualité, ils résistent à plusieurs fondages.

Plus le combustible a de teneur en carbone, plus il est propre à la refonte en creusets; le

carbonide le moins charbonneux demande à être renouvelé avant la fusion, et est la cause d'un refroidissement dans le fourneau. Le coke est donc le charbon le plus approprié à ce genre de fondage.

La dépense en combustible dépend beaucoup de la forme du fourneau et de la disposition des creusets dans la cuve. Si on se sert d'un seul creuset, il doit être assez grand pour embrasser presque toute la capacité intérieure du fourneau. Si le fourneau est rond, trois creusets conviennent mieux que deux ou quatre. Dans tous les cas, les creusets doivent être disposés de manière à laisser le moins d'espace possible au combustible, en laissant toutefois celui nécessaire au charbon qui doit opérer la refonte.

Les creusets sont recouverts de galets réfractaires et entourés de toutes parts de combustible. Pour éviter l'oxidation, on a soin, dans plusieurs fonderies, de recouvrir la fonte d'une couche de poussier de charbon ; quelquefois même on lutte le couvercle avec de l'argile, mais toutes ces précautions sont inutiles lorsqu'on fond de la fonte très grise.

Le déchet de la fonte est généralement de 4 à 5 pour cent ; cependant il s'élève souvent à quatre fois cette quantité, à cause du fer qui reste attaché aux parois du creuset et de celui qui est répandu dans l'usine. Ce déchet augmente avec la blancheur de la fonte.

Cette méthode est extrêmement dispendieuse ; elle ne convient d'ailleurs que pour le moulage des petits objets. C'est ainsi qu'en Prusse, on fond des petites statues et des vases d'un fini précieux et d'une délicatesse extrême ; mais lors-

qu'on veut couler des pièces plus importantes, il faut avoir recours à la méthode suivante, appelée en France méthode *à la Wilkinson.*

ARTICLE II.

De la Fusion dans les fourneaux à manche.

Le fourneau à manche est un fourneau à cuve A (*Fig.* 37), dont la chemise intérieure B est faite en briques et est retenue par des plaques de fer circulaires C, serrées fortement par des cercles de fer D.

La forme de la cuve qui, ainsi qu'il est facile de le voir, rappelle assez bien la cuve d'un haut-fourneau, varie singulièrement, et est sujette à toutes les différences que nous avons remarquées dans les *flussofen.* Néanmoins, comme il ne s'agit pas ici d'une désoxidation, et que la chaleur nécessaire pour la simple fusion de la fonte est bien loin d'égaler celle nécessaire pour la réduction du minerai, on supprime les étalages dans le fourneau à manche, afin de ne pas retarder la descente des charges et d'empêcher, autant que possible, la formation de l'acide carbonique. C'est dans ce but qu'on rétrécit par le haut la cuve où s'opère la fusion, et qu'assez généralement on lui donne la forme d'un cône tronqué placé sur sa base.

Dans la plupart de nos fonderies, le vide de la cuve des fourneaux à manche, dits *à la Wilkinson*, est cylindrique, et l'ouverture du gueulard est égale à la base du creuset. C'est, quoi qu'en dise Karsten, la forme qui nous a le mieux réussi.

On brûle dans les fourneaux à manche du

coke ou du charbon de bois. Le charbon de tourbe y réussirait parfaitement, ainsi que nous avons eu occasion de nous en convaincre dans une expérience que nous avons fait faire à un fondeur d'une petite ville de France, il y a quelques mois. L'emploi du charbon de bois exige néanmoins un fourneau un peu plus élevé que celui du coke, ce qui semble contraire à la théorie du haut-fourneau. Une cuve à la Wilkinson a ordinairement de 6 à 8 pieds de haut; elle ne doit pas être moins élevée que 7 pieds, si elle est chauffée au charbon de bois.

La tuyère G du fourneau est placée horizontalement et à une certaine hauteur, de manière que le bain de la fonte une fois descendu ne puisse pas être exposé à l'oxidation. Elle doit être un peu plus élevée si la machine soufflante est puissante, ou que le combustible employé exige une grande vitesse de vent. Il ne faut cependant pas qu'elle soit placée à une hauteur disproportionnée, car alors la fonte liquide se refroidirait trop. Pour des cokes compactes et un fort soufflet, l'élévation de la tuyère au-dessus de la sole est de 20 à 21 pouces; pour des combustibles plus légers et une machine faible, elle n'est que de 15 pouces.

On a imaginé un moyen assez ingénieux de faire donner à un fourneau à la Wilkinson jusqu'à 1000 kilogrammes de fonte. Pour cela on place deux tuyères l'une au-dessus de l'autre, et espacées de 9 à 12 pouces. Dans le commencement de la fusion, la tuyère inférieure souffle seule, et celle supérieure se trouve fermée; lorsque la fonte est montée trop près de la première tuyère, on bouche celle-ci avec de l'ar-

gile, et on porte de suite la buse dans la tuyère supérieure. Par ce moyen, on peut donner au creuset une plus grande capacité, sans que le bain soit exposé à des variations de température trop marquées.

La descente des charges ne doit pas être trop rapide, et le métal doit être bien fondu et bien préparé avant d'arriver au creuset; elle ne doit pas être non plus faite avec trop de lenteur, sous peine de voir la fonte se décarburer et perdre de sa fluidité lors du coulage. La vitesse et la force du vent doivent donc être proportionnées à la qualité de la fonte, c'est-à-dire à sa couleur plus ou moins foncée, car cette couleur est un indice certain de la présence du carbone.

La cuve doit être aussi proportionnée à la masse de vent qu'elle reçoit : si elle est large, il faut augmenter la vitesse du vent, et alors celle-ci peut dépasser la proportion indiquée par le combustible. Si le vent restait faible, avec la même largeur de cuve, il ne se produirait pas assez de chaleur, et la fonte blanchirait. Avec un vent trop puissant, on consume trop de combustible, et la fonte reçoit un commencement d'affinage. Le fourneau représenté par la *Fig.* 37, peut recevoir 350 à 400 pieds cubes d'air par minute.

On charge le fourneau à la Wilkinson de la même manière qu'on le fait dans le haut-fourneau. Les charges sont de 25 kilogrammes de fonte contre 10 à 15 kilogrammes de coke. Le déchet qu'éprouve la fonte est assez généralement de 3 à 5 pour cent; mais il s'élève bien au-delà si l'opération est mal conduite, et que le fourneau ne soit pas bien construit.

La *Fig.* 38 représente un nouveau fourneau à manche qui porte le nom de fourneau à coupole. Il est entièrement garni de fer, et donne d'excellens résultats.

ARTICLE III.

De la Fusion dans les fours à réverbère.

A l'article de l'affinage à l'anglaise et de la pudlerie, nous avons décrit les différentes parties d'un fourneau à réverbère. Le fourneau employé dans les fonderies diffère peu de celui en usage dans les affineries à la houille : l'autel B (*Fig.* 39) est horizontal, et la sole D s'incline sur une certaine pente et conduit le métal fondu jusqu'au creuset I, d'où on le fait couler par le trou E, qui est placé dans l'intérieur de l'atelier de moulage.

L'avantage des fours à réverbère sur les fours à la Wilkinson consiste dans la grande quantité de fonte qu'il est possible de mettre en fusion dans les premiers ; elle peut s'élever jusqu'à 3 et 4000 kilogrammes. Cette facilité rend ces fours indispensables dans les grands ateliers, où l'on doit fondre des pièces d'une certaine dimension, et où les fourneaux à manche ne seraient pas suffisans.

La forme intérieure des fours à réverbère n'est pas indifférente : indépendamment des proportions que la théorie indique et que nous avons essayé de donner dans notre premier volume, l'inclinaison plus ou moins grande de la sole D contribue singulièrement à changer la qualité de la fonte et au déchet qu'elle laisse dans le fourneau. Nous allons en citer un exemple.

En 1826, les fours à réverbère d'Indret, à la fonderie royale, près de Nantes, donnaient de 10 à 15 pour cent de déchet et laissaient, en *fontes claires*, *carcas*, etc., une quantité considérable de métal. Les restes de coulées n'étaient plus propres à refondre et on était obligé de les emmagasiner comme ferraille ou de les vendre aux affineries.

Vis-à-vis cette fonderie qui appartient au gouvernement, se trouvait une petite fonderie particulière dépendant de l'usine de la Basse-Indre. On y refondait du fer cru avec un déchet de 5 pour cent seulement, sans qu'il restât presque de carcas, et la fonte claire qui résultait de la coulée était tellement carburée qu'elle pouvait encore être soumise à une seconde fusion : de manière que le déchet total ne s'élevait pas à 5 ½ pour cent, tandis que dans l'usine royale il excédait 20 pour cent. La fonte, au reste, était la même et avait été empruntée par l'un des établissemens à l'autre. (1)

Notre curiosité, vivement excitée par une semblable différence obtenue avec la fonte du Périgord très carburée, nous conduisit à en rechercher la cause, et nous nous aperçûmes, après

(1) Puisque nous en sommes à parler des usines royales, voici un autre exemple qui peut donner une idée de la manière dont elles sont conduites : à Ruelle, près d'Angoulême, à la fonderie du gouvernement, on coulait, en 1826, cinq cents canons par an, et les restes de coulées, fontes claires, carcas, etc., s'élevaient annuellement à 200,000 kilog. Un établissement particulier pourrait-il résister à une pareille administration ?

quelques fondages, qu'elle était tout entière dans l'inclinaison de la sole des fourneaux. En effet, celle du fourneau d'Indret n'excédait pas 17°, tandis qu'à la Basse-Indre elle atteignait jusqu'à 30°; pour augmenter encore le mal, la voûte était surbaissée, à Indret, de manière que la flamme et l'air entraînés vers la cheminée devaient *lécher* le bain de fonte jusque sur le creuset, où le *valvetry* était étranglé et resserré singulièrement. L'effet d'une pareille construction est facile à comprendre.

Si la fonte en fusion, coulant de l'autel vers le creuset, descend sur une pente peu rapide, elle offre à l'oxidation une grande surface et se décarbure assez vite; l'étranglement du rampant opère une décarburation complète vers la fin de la coulée, lorsqu'il ne reste plus dans le creuset qu'une légère couche de fonte, et ce reste se fige, s'affine en partie et ne produit plus que du carcas. Il n'est pas rare alors de trouver dans les rigoles qui conduisent aux moules des restes de coulées qui ne sont que du *fine metal*, et qu'on peut soumettre immédiatement au pudlage.

Lorsque la sole, au contraire, est fortement inclinée, la fonte se précipite vers le creuset, s'y accumule et n'est point exposée à l'oxidation, si le rampant est convenablement dessiné; car l'air brûlé tend toujours à suivre la partie supérieure du fourneau et à s'échapper par la cheminée.

Nous ne nous étendrons pas davantage sur la construction des fourneaux à réverbère : nous avons enseigné les principes sur lesquels cette construction est fondée, et nous y renvoyons le lecteur. Nous ferons observer seulement que la

sole peut être faite en sable sans aucun inconvénient. Ce qui est préjudiciable au fer pudlé, ne saurait l'être à la fonte, qui est défendue des oxides terreux par la présence du carbone, et qui ne pourrait que gagner en se combinant avec les métaux qui forment la base de ces oxides.

Une grande chaleur est nécessaire dans les fours à réverbère : la décarburation est d'autant plus facile que la fusion est moins prompte et la sole moins inclinée. Une haute température dilate l'air brûlé d'une manière plus prononcée, et l'air non brûlé, qui s'échappe toujours un peu par la cheminée, se présente dans un état plus divisé et moins propre à l'oxidation. Si la pente douce de la sole peut donner plus d'homogénéité au métal, et, par conséquent, le rendre plus tenace, c'est à l'aide d'une grande chaleur et d'une fusion très rapide.

Dans certaines fonderies, en France, on place la fonte sur l'autel avant de mettre le feu au foyer. Dans la plupart des établissemens anglais, on allume le fourneau et l'on ne charge l'autel que lorsque la température est déjà très élevée. Ces deux méthodes ont leurs avantages et leurs inconvéniens.

En chargeant avant de mettre le feu, on gagne considérablement de temps; car si l'on veut charger après que le fourneau a acquis une grande chaleur, il faut nécessairement diminuer cette température, en laissant pénétrer l'air froid pendant la charge. Nous avons essayé de nous rendre compte de cette différence, et voici le résultat de nos observations.

Dans deux fours à réverbère activés par la houille, on commença, en notre présence, l'o-

pération de la refonte du fer cru : le premier fut chargé de fonte et allumé immédiatement après, à 8 heures du matin ; le second fut seulement allumé et ne reçut sa charge, suivant la coutume, que cinq quarts d'heure après. Celui-ci ne put couler qu'à midi et demi, tandis que l'opération de l'autre avait été terminée dès 10 heures 25 minutes. Ainsi la différence avait été de plus de deux heures.

Pour donner à notre expérience plus d'étendue et de régularité, nous examinâmes avec soin, après le coulage, l'autel, la sole et le creuset de chaque fourneau. L'autel du premier avait retenu une certaine quantité de métal mélangé avec du sable et à l'état de carcas, la sole était sillonnée irrégulièrement, et du sable de cette sole avait été entraîné dans le creuset et mêlé avec la fonte claire. Rien de semblable n'avait eu lieu dans le second four : l'autel et le creuset conservaient, à la vérité, quelques restes de carcas, mais la sole s'était considérablement durcie, et il ne paraissait nullement que le sable fût entré en mélange avec la fonte. La même quantité de métal, 2000 kilogrammes environ, avait été fondue dans chacun des fourneaux, et le carcas du premier était le double du second.

Ne peut-on pas conclure de cette observation, que la sole du fourneau, allumée à vide, s'était vitrifiée, endurcie et consolidée de manière à présenter une certaine résistance au métal fondu, et à le laisser glisser sans confusion avec les grains de sable; que la rapidité de la descente n'étant pas retardée par un plan incliné, inégal et raboteux, permettait à toute la fonte de se précipiter

dans le creuset, et tendait ainsi à diminuer le déchet en carcas.

C'est surtout lorsque l'opération est finie, et qu'il faut détacher, avec le ringard, le carcas resté sur l'autel, qu'on peut apprécier l'avantage de l'avoir durci préalablement. Quelque adroit que soit l'ouvrier, il lui est bien difficile, dans le procédé ordinaire, de ménager l'autel et la sole; il faut presque toujours avoir recours, après une coulée, à des réparations plus ou moins difficiles, et qui entraînent une grande perte de temps.

1050 kilogrammes de fonte grise rendent 1000 kilogrammes de fonte coulée de seconde fusion, dans les fours à réverbère; ils exigent 12 hectolitres de houille de bonne qualité. Ainsi, la différence avec les fourneaux à la Wilkinson est encore assez importante : dans ceux-ci, 1040 kilogrammes de fonte, et 10 hectolitres $\frac{1}{2}$ de houille, suffisent pour couler 1000 kilogrammes de pièces.

CHAPITRE II.

Du Moulage de la fonte.

On donne le nom de *moule* à un vide pratiqué dans une matière quelconque, lequel doit être exactement rempli par le métal en fusion. Ce vide est fait à l'aide d'un corps solide qu'on appelle *modèle*, et qui a exactement les formes et les dimensions de l'objet moulé qu'il s'agit d'obtenir.

Le moule doit être fait avec une substance très divisée, capable de prendre toutes les formes, et de les garder lorsque le modèle est retiré; un

liquide ne serait donc propre à produire cet effet qu'autant qu'il se solidifierait promptement et à la température ordinaire. Il serait à craindre ensuite qu'en coulant le métal fondu, le moule n'entrât en fusion et ne se déformât, ce qui forcerait à un choix de matières quelquefois difficile et coûteux. On préfère, dans l'usage ordinaire, se servir de sable ou de terre pour la confection des moules nécessaires à la refonte du fer cru.

On peut diviser les moules en deux espèces : les moules *à découvert*, et ceux *sous châssis*.

On moule à découvert les objets qui ne doivent être vus que d'un seul côté, tels que les plaques de parquet, celles de cheminées, ou bien ceux qui n'exigent point une grande régularité.

On moule au contraire sous châssis tous les objets dont les formes doivent être de toutes parts régulières, ou ceux qui ont une partie concave ou des dépressions de dimensions données. De cette espèce sont les canons, les cloches, les statues, les roues dentées, etc.

Le sol de la fonderie est formé de sable à une profondeur convenable. C'est dans ce sable que s'exécute le moulage à découvert, et la position du moule dépend presque toujours de la grandeur de l'objet qui doit être moulé.

S'il s'agit de confectionner une pièce de petite dimension, on puise dans le creuset, avec une espèce de grande cuiller en fer battu, à laquelle on donne le nom de *poche*, la fonte nécessaire pour couler la pièce en question ; mais si l'objet à couler est d'un poids considérable, on est obligé de conduire le métal liquide à l'aide d'une rigole en sable qu'on trace depuis le creu-

set jusqu'au moule. On donne à ces rigoles une pente rapide, afin que la fonte s'écoule promptement et ne soit pas exposée à se figer en route. Pour cela faire, le sol de la fonderie doit être inférieur au creuset du fourneau; généralement il est 18 à 24 pouces plus bas que le trou de la coulée.

Une fonderie bien dirigée a toujours une ou deux grues destinées à porter les moules vides près du creuset, et à les retirer lorsqu'ils sont remplis. Cette attention est principalement nécessaire, lorsque la capacité des moules est telle qu'elle ne pourrait être remplie, d'un seul jet, avec la fonte d'une poche; car on doit mettre le moins d'intermittence possible entre la charge d'une poche et celle de la poche suivante.

La matière la plus ordinaire des moules est le sable et l'argile; quelquefois ils sont employés séparément; quelquefois ils sont mélangés.

Les modèles sont faits en bois, en métal, en plâtre, en cire, en pierre ou en argile. Les modèles en bois sont les plus communs, et ils forment un travail à part dans les grandes usines; leur confection est confiée à un charpentier adroit que les Anglais appellent *pattern maker*, et qui est une espèce d'ingénieur souvent fort habile. C'est un homme nécessaire dans les nouvelles forges, et auquel on a malheureusement donné en ces derniers temps, en France, une importance ou trop grande ou trop petite.

Quelques modèles sont tellement simples qu'ils peuvent s'enfoncer dans le sable de l'usine et former ainsi leur moule. D'autres, qui exigent plus de soins, sont renfermés dans des châssis, c'est-à-dire entre des caisses en bois ou en fer, dont

les dimensions sont calculées d'après celles des pièces qu'on veut couler. Ils doivent, dans tous les cas, être assez grands pour qu'entre le vide du moule et l'atmosphère, il y ait du sable suffisamment pour ne pas refroidir la fonte trop vite et la faire figer.

Les châssis en bois sont sujets à se détruire en peu de temps, et ne peuvent d'ailleurs aller à l'étuve. Il vaut mieux les faire en fonte.

On moule quelquefois en argile de gros objets dont le moule ne serait pas maniable sous châssis. A l'article de la sablerie, nous parlerons de ce genre de moulage qui a l'inconvénient d'être plus dispendieux que l'autre.

On distingue le moulage en moulage simple et moulage à noyau. Comme tous deux présentent des différences notables dans la manipulation, nous allons les présenter successivement dans deux articles séparés.

ARTICLE PREMIER.

Du Moulage simple.

On donne le nom de moulage simple à la confection des moules des pièces qui ne doivent renfermer aucun creux et dont la sculpture n'est point refoulée.

Ce moulage a lieu ou à découvert, ou sous châssis.

§. Ier.

Moulage simple à découvert.

Ce moulage est presque toujours exécuté sur le sol même de la fonderie. Dans tous les cas, la règle à observer est la même.

Le mouleur commence d'abord par rendre le sable de l'usine aussi meuble qu'il lui est possible, soit en en rapportant de nouveau, soit en le remuant avec une pelle; puis il en forme, à l'aide d'une règle de bois ou de fer, un plan parfait, auquel il donne la position horizontale avec un niveau de maçon. Il saisit ensuite du sable frais et, à l'aide d'un tamis fin, il le répand bien uniformément sur la surface unie. De la finesse de ce nouveau sable, dépend la délicatesse des traits du modèle et la netteté des contours.

Le modèle est ensuite placé légèrement sur le lit de sable ainsi préparé et enfoncé également de toutes parts, soit à petits coups de marteau, soit par une pression quelconque. On se sert encore du niveau de maçon pour conserver à ce modèle la position horizontale, et on l'enfonce jusqu'à ce qu'il soit enterré de manière à laisser un vide de la même dimension que le modèle même.

Avant de l'enlever, on pratique sur les côtés, si le modèle est épais, et à l'aide d'une broche de fer, des canaux d'évaporation pour les gaz; on creuse les rigoles pour la conduite de la fonte, et on place dans ces rigoles, avant qu'elles touchent le moule, des clefs en fer qui sont destinées à fermer le passage au métal fondu, lorsque le moule est rempli. Lorsqu'on a plusieurs objets à fondre à la fois, et que toutes les rigoles aboutissent au même fourneau, ces espèces d'écluses servent à diriger à volonté le jet de fonte vers l'un ou l'autre des moules. Si l'on n'a qu'une seule pièce à couler, on dirige la fonte, après que l'écluse est fermée, vers une fosse pratiquée exprès pour la recevoir.

Toutes cee précautions étant prises; on arrose

légèrement les bords du moule afin d'humecter le sable et de lui donner plus de consistance ; on fait trembloter le modèle, à l'aide de clous qu'on y a enfoncés ou d'un manche qui y avait été adapté, et on l'enlève avec soin.

Les défectuosités qu'on y remarque sont réparées sur le champ avec une truelle appelée *paroir ;* puis on le saupoudre avec de la poussière de charbon très fine, et on replace une seconde fois le modèle, afin d'unir encore le moule et de serrer le charbon contre le sable. On a pour but, en saupoudrant le moule avec du charbon, d'empêcher le contact immédiat de la fonte avec le sable humide.

Avec un peu d'attention, le moulage à découvert est d'une grande facilité ; il n'exige pas toujours que le modèle soit entier ; un ouvrier habitué à ces opérations peut fort bien mouler une roue d'un grand diamètre, lorsque le modèle ne représente qu'un segment de cette roue.

§. II.

Moulage simple sous châssis.

L'objet moulé à découvert offre toujours une surface irrégulière et plus ou moins boursouflée ; c'est celle exposée à l'air atmosphérique. Si les deux surfaces doivent être lisses ou sculptées l'une comme l'autre, on peut le faire sur le sol de l'usine, mais il est plus commode de le faire sous châssis.

Le châssis le plus simple est celui qui se compose de deux caisses, l'une pour la partie inférieure du moule, l'autre pour la partie supérieure. Elles doivent s'ajuster parfaitement l'une à l'autre,

à l'aide de liteaux, de goujeons ou de crochets. La grandeur des caisses dépend entièrement de la grandeur des modèles.

On jette, dans un des châssis, le sable bien ameubli; on le dame légèrement, et on place le modèle. Puis on jette d'autre sable qu'on serre entre ce modèle et la caisse, au moyen d'une *batte*; on arrive ainsi jusqu'au bord supérieur du châssis, on racle, avec une règle, le sable pour en faire une surface unie avec ce bord, puis on saupoudre avec de la poussière de charbon.

Comme cette poussière ne doit pas rester sur la partie du modèle qui dépasse le premier châssis et qui n'a pas encore été moulée, le mouleur la fait disparaître en soufflant dessus, ou au moyen d'une légère brosse de blaireau.

Cela fait, on place le second châssis vide, on enfonce des broches pour ménager des auvents, et on continue à placer et à damer le sable.

On ne doit pas le battre, dans ce second châssis, avec autant de force que dans le premier, parce qu'il est nécessaire de ne pas trop gêner le dégagement des vapeurs. Lorsque le moule est entièrement fini, on retire les broches et l'on enlève le châssis supérieur, qui est séparé de l'autre par la légère couche de charbon tamisée sur la surface du premier; on forme les rigoles de fusion et on commence à *démouler*. Cette dernière opération exige une grande adresse et quelquefois le concours de plusieurs ouvriers.

Lorsque le modèle est ôté, on nettoie le moule, on le noircit et l'on replace le châssis supérieur avec toute la précision possible; on le charge ensuite de poids afin de consolider tout le système

Lorsque deux châssis ne suffisent pas, on peut

en ajouter un plus grand nombre. Quelquefois il est nécessaire que le châssis lui-même se divise en deux ou quatre parties, afin d'ôter le modèle. Ceci s'appelle *démouler en tiroir.* Il est une foule d'autres moyens de moulage qu'on peut facilement concevoir et que nous ne pouvons décrire en détail, sans dépasser les limites que nous nous sommes imposées.

Si le mouleur emploie trois châssis, il commence par mouler la pièce intermédiaire; puis il la retourne et place le châssis inférieur; ensuite il renverse de nouveau le système et termine le moulage par le châssis supérieur. Le démoulage commence par le châssis supérieur, continue par le châssis intermédiaire et finit par celui inférieur. Les châssis se replacent ensuite, suivant leur ordre, sur le châssis inférieur.

ARTICLE II.

Du Moulage à noyau.

On donne le nom de noyau à une partie creuse dans le modèle et massive dans le moule, qui fait que l'objet coulé conserve les mêmes cavités que le modèle. Ainsi, dans les tuyaux de conduite, l'intérieur a dû être massif dans le moule, pour empêcher la fonte de prendre la place du vide, et c'est ce massif même qui est le noyau du fondeur.

Les noyaux se confectionnent en sable, en argile, en briques, et en genéral en toute matière capable de résister au fondage, et ayant assez de consistance pour ne pas se détruire dans l'opération du coulage. Les moules des tuyaux de conduite sont en argile, tournés sur un arbre en

fer; les noyaux des cylindres de grande dimension sont préparés en maçonnerie, recouverts d'argile et tournés ensuite : ils ne doivent pas être massifs afin d'être faciles à manier. Les noyaux des projectiles sont en terre; ceux des petits objets, lorsqu'ils ne sont pas suspendus, peuvent être en sable gras. En général, on évite de les faire en sable maigre, parce qu'ils se déformeraient trop facilement

Il est nécessaire de dessécher bien complétement les noyaux des moules, afin de ne pas les exposer à se fendiller et à crever. On les soumet dans une étuve à une chaleur graduée, et qui s'élève peu à peu à une haute intensité. Puis on les retire de même, et on s'occupe de les mettre en place.

C'est ici que doit s'exercer toute l'adresse de l'ouvrier, surtout lorsqu'une même pièce a plusieurs noyaux. Ils doivent être fixés, autant que possible, sur le châssis inférieur. Quelquefois le noyau est confectionné sur le moule même et en place; quelquefois il y est simplement appliqué.

Il serait trop long et trop difficile de donner ici les différens moyens employés pour mouler et placer les noyaux divers; ils diffèrent pour chaque pièce, et nous croyons mieux faire en donnant ici un seul exemple de ce genre de moulage; nous choisirons le travail d'une marmite, comme étant d'un usage ordinaire et l'objet d'une fabrication très étendue.

On commence par former le noyau : pour cela on place un arbre vertical sur le moule, on l'entoure d'une natte de paille ou de foin cordé, et on lui donne à peu près la figure que doit avoir le vide de la marmite; on le couvre de terre

grasse et on le fait sécher à l'air ; puis, au moyen d'un calibre qu'on fixe à l'arbre du noyau, on tourne et on achève de former complétement la pièce intérieure, puis on porte à la dessiccation. On substitue au premier calibre, un calibre extérieur dont la différence avec le premier est juste l'épaisseur que la marmite doit avoir. Avec de l'argile, et en faisant tourner ce nouveau calibre, on forme la *chemise* du moule et on la fait sécher ensuite, après quoi on enduit sa surface ainsi que celle du noyau d'une légère couche de cendres délayée. On recouvre la chemise de plusieurs couches d'argile, et on forme ainsi le *manteau*, dans lequel on a soin de percer de suite le *jet* et les *évens*. Il est inutile de dire qu'on a eu soin, auparavant, de retirer l'arbre qui servait d'axe aux calibres, et d'unir le sommet de la chemise. Le manteau est ensuite coupé en deux, séché, réparé et enduit de poussière de charbon, puis ressoudé et transporté à la fonderie.

CHAPITRE III.

De la Sablerie.

Nous comprenons sous le titre de *sablerie*, le choix des matières qui servent à former les moules, le coulage de la fonte, et les réparations que les objets moulés exigent après la fusion. Nous croyons donc encore devoir diviser ce chapitre en trois articles distincts, afin de mettre de l'ordre dans cette matière un peu aride.

ARTICLE PREMIER.

De la Matière des moules.

Les moules se font généralement en sable ou en argile.

On distingue deux espèces de sable : le sable maigre et le sable gras.

Le sable fin, celui qui est répandu sur le sol de l'usine, enfin le sable le plus pur et le plus sec, est dit sable maigre, parce qu'il est peu liant et qu'il faut le rendre humide pour lui donner quelque consistance.

Si on ajoute de l'argile au sable maigre, on lui donne du corps ; il peut mieux se constituer en une espèce de pâte, conserve plus facilement l'empreinte des modèles. C'est alors ce qu'on appelle *sable gras*.

Le sable maigre est rarement d'un bon usage : le peu de cohérence qu'il possède, lorsqu'il est sec, oblige à l'humecter, et il est difficile de ménager le degré d'humidité convenable. S'il est trop chargé d'eau, il fait bouillonner la fonte et la blanchit ; s'il n'est pas assez humide, il s'éboule et n'est pas propre au moulage. Néanmoins, il est fort utile pour mouler sur le sol de la fonderie, principalement pour le coulage des plaques et des objets moulés à découvert.

Le sable gras, dans lequel cependant il entre peu d'argile, est préférable pour la refonte sous châssis ; il doit être fin, mais on doit en sentir le grain en le frottant entre les doigts. On le calcine avant de l'employer, puis on le passe au tamis. S'il est trop maigre, on l'humecte et on le mélange avec du sable plus gras, jusqu'à ce

qu'étant pétri dans la main, il en conserve l'empreinte.

Le sable maigre sèche plus facilement que le sable gras, mais il a moins de résistance. C'est donc en ce dernier sable qu'il convient de mouler les pièces d'un grand poids. Plus il entre d'argile dans le mélange du sable gras, plus il est sujet à se fendiller lorsqu'on le calcine. Il est important d'éviter de faire entrer dans sa composition des terres trop fusibles, et qui pourraient être entraînées lors du coulage.

L'argile doit se préparer avec soin; elle est criblée, pour en séparer les pierres, humectée et pétrie jusqu'à ce qu'elle soit à l'état visqueux. Dans les moules d'un certain volume, on y ajoute du crin, du foin, de la paille hachée ou du crottin de cheval; cette addition a pour but de la rendre moins compacte, et de l'empêcher de se crevasser.

La plus grande attention doit être portée par le mouleur sur l'humidité que peut retenir le sable. Nous pourrions citer des exemples de moulages qui se sont passés sous nos yeux, et dans lesquels des pièces, coulées en trois endroits opposés d'une même fonderie, ont été obtenues de trois qualités tellement différentes, qu'on était presque tenté d'attribuer cette différence à des faits qui auraient pu nous échapper. C'est ainsi qu'ayant coulé, à la Basse-Indre, en 1824, des pièces de finerie sur trois sables différens, et ayant obtenu trois fontes, l'une blanche, l'autre grisâtre, et la troisième grise, nous balançâmes si nous n'attribuerions pas cette anomalie singulière à la présence de la silice; cette opinion semblait corroborée par la composition des sa-

bles. Il fallut répéter l'expérience plusieurs fois, pour arriver à découvrir la cause de notre erreur. Cela peut servir à montrer qu'en négligeant quelques faits, qui semblent inaperçus, on se crée de faux systèmes dans lesquels on persiste, parce qu'on croit avoir acquis une sorte de conviction.

On noircit les moules avec du charbon de bois dur, passé au tamis très-fin, délayé dans de l'eau, avec de la cendre d'os et un peu de colle forte. On fait sécher cet enduit en exposant, pendant quelques instans, le moule à une chaleur douce.

ARTICLE II.

Coulage de la fonte.

Nous avons déjà dit qu'on coulait à la poche, ou qu'on laissait descendre la fonte du fourneau dans les rigoles et le jet du moule. Ces deux opérations sont fort simples; néanmoins elles exigent quelque habitude et quelques manipulations particulières qu'il est bon de connaître avant de s'exposer à couler.

Lorsque la fonte est fondue et bien liquide, ce qui se reconnaît à l'aide d'un ringard ou d'une broche qu'on plonge dans le bain, on puise à même dans le creuset avec une petite poche, si la refonte a lieu dans un four à réverbère, ou on laisse tomber par le trou de la coulée dans la poche même, si elle est faite dans un four à manche.

On se sert d'une simple cuiller en fer, quand les moules sont d'une petite capacité; mais lorsqu'il s'agit d'un objet d'un certain poids, on

emploie la poche à fourche, décrite en la *Fig.* 40; le principal ouvrier la saisit par les deux mains en B, et le garçon fondeur ne fait qu'aider à la porter. Les deux branches de la fourche font le levier, et guident dans le coulage.

Dans les rigoles, il se glisse quelquefois des impuretés à la surface de la fonte en fusion; un homme armé d'un instrument de fer, d'une pelle ou d'un croard recourbé, balaie et nettoie la surface des rigoles, et empêche les matières étrangères d'entrer dans les moules. Cette attention est surtout nécessaire pour les moules sous châssis et pour les objets qui exigent de la ténacité, du corps et une grande homogénéité.

Les rigoles doivent avoir une pente assez rapide pour que la fonte ne s'épaississe pas en coulant; mais l'inclinaison ne doit pas cependant être trop grande, car le métal, en coulant avec vitesse, dégraderait le moule, et occasionnerait des défectuosités dans l'intérieur. Il est d'ailleurs facile de modérer la descente de la fonte, en opposant au torrent une pelle ou quelque instrument qui le retarde.

Il est essentiel de remplir les moules avec rapidité; c'est pour cela qu'on laisse plusieurs jets aux moules d'une certaine dimension. La position des jets, par rapport à certaines parties du moule, est encore une opération d'une grande importance; elle dépend de la position même du modèle et des parties plus ou moins délicates de sa surface. On a soin de rompre, en coulant, la rapidité du jet de métal liquide.

La fonte, en se figeant, prend plus ou moins de retrait. On a donc raison de la laisser un peu refroidir avant de la couler, toutefois cependant

Digitized by Google

que cela ne puisse pas altérer sa fluidité. On donne ordinairement aux jets un évasement dans leur partie supérieure, afin que la fonte s'y maintienne plus long-temps à l'état liquide.

Les gaz qui se dégagent pendant la fusion, peuvent quelquefois causer des explosions dangereuses; ils s'échappent par tous les évens, mais ils sont souvent fortement comprimés dans les moules en argile, dont les pores ne se prêtent pas à leur évaporation. On doit, dès qu'on verse la fonte, allumer un feu de flamme autour de ces évens, et les brûler à mesure qu'ils s'échappent. Ils commencent par détonner, mais bientôt ils ne produisent plus qu'un jet de flamme qui continue jusqu'à la fin de l'opération.

ARTICLE III.

Achèvement et réparations des fontes moulées.

Ce serait une erreur de croire qu'en sortant du moule, la pièce coulée peut être livrée au consommateur; la jonction du châssis est marquée par des coutures, le sable adhère à la fonte et la rend raboteuse; quelques pièces ont besoin d'être calibrées et souvent d'être unies.

Les fontes qui ont des inégalités sont ébarbées avec le ciseau et la râpe; cette dernière sert principalement à détacher le sable brasé. Quelques objets sont émoulus, polis, forés et allésés sur le tour.

Lorsque la fonte a pris de l'aigreur en se moulant, on peut l'adoucir et même lui donner de la ténacité. Réaumur, qui s'est beaucoup occupé des moyens propres à réussir sur ce point, renfermait les pièces coulées dans des fourneaux semblables

à ceux dans lesquels on cémente le fer. Il avait remarqué que la fonte se blanchit principalement jusqu'à une certaine distance de la surface, et que le noyau restait toujours plus gris que les bords. Il lui sembla naturel d'envelopper les pièces de charbon et de cendre d'os et de les chauffer à une température convenable. Ce procédé lui réussit parfaitement, et il parvint même à donner au fer cru tel degré de douceur qu'il désirait, tellement que de la fonte blanche, aigre et dure, se laissait, après l'adoucissement, limer, percer et forer comme la fonte douce.

C'est dans l'ouvrage même qu'il faut lire le détail de ses expériences et de ses opérations. Le célèbre naturaliste y explique longuement les moyens qu'il a employés et les peines qu'il a eues pour parvenir à ce résultat. Nous ne saurions trop recommander ses Mémoires aux maîtres de forges et surtout aux fondeurs; ils y trouveront des notions précises qu'ils pourront, par la suite, appliquer avec profit.

Nous donnerons ici, pour terminer dignement ce que nous avons dit sur la fonderie du fer cru, un extrait du grand ouvrage de Réaumur sur l'art d'adoucir le fer fondu. Nous croyons que nos lecteurs y trouveront un avant-goût très agréable de ses excellens Mémoires.

« Quand on a retiré du fer fondu du fourneau, « et qu'on l'a laissé refroidir, à la seule inspection « de l'extérieur, on peut juger s'il a été adouci en « partie ou s'il ne l'a pas été du tout. Le fer qui « s'est refroidi dans le moule où il a été coulé, a « une couleur bleuâtre d'un bleu ardoisé; s'il a « conservé cette couleur, ou si après lui avoir été « ôtée par une sorte de rouille ou autrement, elle

« lui est revenue dans le fourneau, ce fer n'est « point du tout adouci. La première manière « d'essayer s'il est adouci, c'est de le tâter avec « la lime; la lime mord rarement sur celui qui « a cette couleur bleuâtre. Mais si la couleur est « terne, d'un brun tirant sur le café, ou plus « noirâtre, on peut compter sûrement que sa sur- « face est douce.

« Le fer fondu dont la surface a pris une cou- « leur brune est donc devenu du fer limable, au « moins auprès de sa surface, il y est adouci. Cas- « sons-le pour observer des changemens sensibles « qui se sont faits dans son intérieur, mais com- « mençons par casser un morceau qui ne soit pas « adouci à fond ; nous trouverons un changement « de couleur dans toute la cassure ; si la fonte était « blanche, elle sera moins blanche; si elle était « grise, elle sera devenue plus brune et presque « noire ; la fonte qui était noire devient d'un noir « foncé. On fera cette comparaison de couleur « sûrement, si on conserve des morceaux des « mêmes baguettes que nous avons mises dans « le fourneau. Ce changement de couleur s'est « étendu jusqu'au centre d'un morceau, avant « qu'il s'y soit fait aucun adoucissement considé- « rable ; il le précède souvent de long-temps. A « peine la plus mince couche de la surface, plus « mince que du papier, est adoucie, que tout a « changé de couleur comme nous venons de le « dire.

« Mais le changement le plus remarquable qui « se fait dans le fer pendant l'adoucissement est « celui de sa tissure; celle de la fonte blanche, « qui était compacte, où on ne voyait point de « grains, où à peine pouvait-on distinguer quel-

« ques lames même avec le microscope, devient « plus rare; tout autour de sa surface, on aper- « çoit un cordon composé de grains; partout où « cette fonte a pris des grains, elle est adoucie. « Insensiblement, les grains s'étendent et gagnent « jusqu'au centre. Quand tout l'intérieur, jus- « qu'au centre, est parvenu à être grené, le fer « fondu y est adouci. Il est limable partout où il « a pris des grains; mais d'abord, dans des en- « droits qui commencent à s'adoucir, les grains « n'y sont que parsemés; ils sont écartés les uns « des autres. A mesure aussi que l'adoucissement « continue, la couleur du fer fondu devient plus « terne, celle de la fonte blanche, et la plus « blanche, devient plus grise que celle de l'acier « ordinaire, que même celle de l'acier le plus « difficile à travailler. Mais une singularité à re- « marquer, c'est qu'au milieu de ces grains, il y a « des endroits parsemés de grains plus gros et « très noirs; elle en est toute piquée. Suivons « encore le changement un peu plus loin; le feu, « le recuit, a rendu notre fer fondu d'une couleur « plus terne; si on continue ce recuit plus long- « temps, il se forme autour de sa surface un « cordon blanc, brillant, d'une couleur plus « claire que celle de l'acier, en un mot qui ap- « proche de celle des fers blancs à lames; ce cor- « don est aussi composé de lames, qui laissent « entre elles des vides comme en laissent les lames « du fer de notre seconde classe; aussi ce cordon « est-il un véritable cordon de fer, qui serait « malléable comme le fer ordinaire.

« Enfin le recuit est-il encore poussé plus loin, « le cordon blanc s'étend, tout l'intérieur reprend « des nuances de plus claires en plus claires, et

« ensuite de la blancheur. Mais ce qu'il y a en-
« core plus à remarquer, c'est le changement de
« la tissure qui continue à se faire ; il y a des fers
« fondus dont la cassure devient précisément
« semblable à celle des fers à lames de la pre-
« mière et de la seconde espèce. Il ne serait nul-
« lement possible, en comparant la cassure de
« ces fers avec celle de nos fers fondus, de déci-
« der lesquels sont des fers fondus ; elles montrent
« l'une et l'autre des lames très grandes, mêlées
« avec de plus petites, et d'un très grand éclat ;
« s'il y a quelque avantage du côté de la blancheur
« et du brillant, il est en faveur de notre fer fon-
« du. D'autres fers fondus, après de longs recuits,
« ont des cassures semblables à celles des fers à
« grains ; elles sont moins blanches et moins bril-
« lantes que celles des autres fers fondus, mais
« toujours au moins aussi blanches que celles des
« fers forgés à qui elles ressemblent ; aussi sont-
« elles redevenues à l'état du fer forgé.

« Arrêtons-nous encore à remarquer les chan-
« gemens qui se sont faits dans nos fontes blanches
« à mesure qu'elles ont changé de tissure et de
« couleur. Nous n'avons pas parlé jusqu'ici as-
« sez noblement de nos ouvrages de fer fondu ;
« au moins si l'acier est plus noble que le fer, ils
« sont, quand on le veut, des ouvrages d'acier
« semblables à ceux d'acier ordinaire, et il est
« plus difficile, ou au moins plus long, de les rame-
« ner à être de fer commun. C'était une consé-
« quence nécessaire de tout ce que nous avons re-
« connu de la nature de l'acier, de celle du fer,
« et de celle de la fonte, que nos fontes, en adou-
« cissant, devaient devenir acier semblable à
« l'acier ordinaire ; elles le sont aussi lorsqu'elles

« ont pris une couleur terne, et que leur eassure « paraît composée de grains. Si ces fers, rendus « limables, sont échauffés et trempés comme « l'acier ordinaire, ils prennent de même de la « dureté par la trempe; quand ils sont sortis de « l'eau, la lime n'a plus de prise sur eux; et si « on les chauffe ensuite sur les charbons, ils re- « deviendront limables, comme le redeviennent « les aciers ordinaires; en un mot, notre fonte « est alors transformée en un véritable acier, pa- « reil à l'acier commun.

« Mais ce nouvel acier ne doit pas être d'une « condition plus durable que l'autre; on doit le « détruire, le ramener à être fer, le mettre hors « d'état de prendre la trempe, en continuant à le « recuire; c'est aussi ce qui ne manque pas d'ar- « river dès que le cordon gris composé de grains « est devenu blanc et composé de lames; alors il « est fer; qu'on le trempe en cet état, et on « trouvera précisément ce qu'on a trouvé dans « nos aciers qui ont été adoucis par des recuits, « qui sont devenus enveloppés d'une couche de « fer; après la trempe, la lime mordra sur la « première surface, elle est fer; mais elle ne mor- « dra pas par-delà l'endroit où cesse le cordon « de fer. Si, après avoir endurci par la trempe « le centre de notre morceau de fer fondu, on le « met sur les charbons, qu'on le fasse rougir et « qu'on l'y laisse refroidir lentement, il y rede- « viendra limable, comme l'est l'acier ordinaire « non trempé.

« Si l'ouvrage de fer fondu est épais, on peut « donc, dans le même endroit de la cassure, « avoir du fer dans tous les états, et cela par le « moyen du recuit. La surface pourra être fer,

« ce qui suivra sera acier, et le centre, s'il n'a « pas été encore adouci, sera resté fonte.

« De tout cela il résulte que, si on pousse l'a- « doucissement seulement jusqu'à un certain « point, l'ouvrage de fer fondu est devenu un « ouvrage d'acier; que si on pousse le feu plus « loin, il est d'acier revêtu de fer, et enfin un « adoucissement encore plus long le rend pur « fer.

« Nous parcourrons les usages qu'on doit faire « du fer fondu ramené à ces différens états, pour « différens ouvrages; mais pour la plus grande « partie, ils ne le demandent que ramené à être « acier; de sorte que réellement nos ouvrages de « fer fondu deviennent des ouvrages d'acier. « Comme ce nouveau nom n'ajouterait rien à « leur mérite, laissons-leur pourtant l'ancien.

« Notre fer fondu, qui a été mis blanc dans « le fourneau, y est d'abord devenu d'une cou- « leur terne; il y a ensuite pris des nuances de « plus brunes en plus brunes, en continuant à « s'adoucir. Devenu brun, ou gris, jusqu'à un « certain point, et continuant toujours à s'adou- « cir, il a ensuite commencé a prendre des « nuances blanches, et de plus blanches en plus « blanches, et enfin il est arrivé à être plus blanc « qu'il ne l'a jamais été.

« On demandera apparemment pourquoi le « fer qui commence à s'adoucir devient de moins « blanc en moins blanc, et on demandera sur- « tout pourquoi étant devenu gris, brun, jusqu'à « un certain point, il retourne au blanc? Voici, « ce me semble, ce qu'on peut dire de plus pro- « bable pour expliquer la raison de ce retour : « quand le fer fondu a commencé à souffrir le

« recuit, sa tissure était égale, toutes ses parties « étaient à peu près également pénétrées de « *soufres* et de *sels* (1), il n'y avait ni grains ni « lames visibles, et alors il paraissait blanc. Le feu « a-t-il agi sur ce fer pendant un certain temps, « il paraît grené; les soufres et les sels qui se « sont évaporés, ont trouvé des routes plus com- « modes en certaines directions que dans d'au- « tres; en se faisant passage ils ont divisé par « parcelles la masse du fer, et c'est cette espèce « de division qui produit la grenure qui paraît « alors. De cela seul que ce fer est devenu grené, « il doit paraître moins blanc qu'il ne le parais- « sait; mais, outre cela, chacun de ses grains « est devenu plus spongieux; d'ailleurs des sou- « fres qui pénétraient les parties ci-devant, et « qui sont en route pour les quitter, les soufres « qui ont quitté les parties élémentaires, peuvent « faire encore une altération dans sa couleur. « Nous avons donc assez de quoi le rendre brun, « et de plus brun en plus brun, dès que nous « l'avons réduit en grains et que nous avons « même rendu chacun de ses grains plus spon- « gieux.

« Nous avons rapporté en passant, comme « une singularité, qu'il paraît parsemé en cer- « tains endroits de grains très noirs; ces grains « noirs peuvent eux-mêmes nous faire voir d où « vient la couleur brune du reste. Je les ai ob- « servés au microscope, et alors je n'ai plus trouvé « de grains dans ces endroits; mais j'ai vu que

(1) Nous avons déjà dit ce qu'on devait penser de cette explication.

« ce que je prenais pour des grains noirs étaient « des cavités beaucoup plus considérables que « celles qui sont ailleurs. Des cavités plus petites, « et posées plus proches les unes des autres, ne « donneront donc qu'une couleur brune ou terne « à notre fer fondu.

« Il est plus difficile de voir ce qui va le ra- « mener au blanc. La difficulté pourtant serait « plus considérable si, devenu blanc pour la « seconde fois, il avait son premier blanc et sa « première tissure. Mais on observera que ce « dernier blanc est un blanc vif et éclatant, au « lieu que le premier était mat. D'ailleurs, au « lieu que la première tissure était égale, la der- « nière est très inégale. On lui trouve, ou des « grains qui laissent entre eux des vides, ou des « lames séparées les unes des autres par les vides « encore plus grands, et on n'y voyait rien de « pareil quand il a été mis au feu. Les vides qui « restent entre les grains et les lames, et qui n'y « étaient pas auparavant, ne sont pas certaine- « ment les places qui ont été abandonnées par « les soufres et les sels : ils n'étaient pas ainsi « amoncelés. Mais il faut concevoir que les grains « qui étaient spongieux, quand les soufres ont « été évaporés, sont ensuite devenus plus com- « pactes; les parties du métal ayant été mises « dans un état approchant de celui de la fusion, « se sont touchées les unes les autres, et collées « les unes contre les autres; il n'y a donc plus « eu alors autant de vide dans chaque grain, « dans chaque lame, et il s'en est fait de plus « grands entre les grains et les lames. Mais les « grains visibles par eux-mêmes, dès qu'ils sont « devenus d'une tissure plus serrée, sont deve-

« nus plus blancs, et d'un blanc plus vif et plus « éclatant que celui qu'ils avaient d'abord, parce « que les parties métalliques ne sont plus mélan- « gées avec autant de matières étrangères.

« Une des premières fois que je commençai à « adoucir le fer en grand, celle même où je fus « dérangé par les écailles, il y eut un événement « qui me paraît bien mériter d'être rapporté, et « dont l'explication eût été embarrassante, si « elle n'eût été précédée des observations dont « nous venons de parler. Parmi les ouvrages qui « étaient dans le fourneau, il y avait plusieurs « grands marteaux de porte cochère; ces mar- « teaux étaient pesans comme il convenait à leur « grandeur et à leur épaisseur. Lorsque je les « retirai du fourneau, je ne fus pas peu surpris « de les trouver légers; de massifs que je les y « avais mis, ils étaient devenus creux; ce n'était « plus que des tuyaux contournés; tout leur in- « térieur s'était vidé; ils avaient pourtant con- « servé leur forme extérieure; ils n'avaient perdu « que quelques feuillages qui s'en étaient allés « avec les écailles; regardés attentivement, on « remarquait quelques petits trous par où la ma- « tière de l'intérieur s'était écoulée, après être « devenue fluide. Il n'est pas merveilleux que ces « marteaux fussent devenus plus légers, une « partie de la matière dont ils étaient composés « s'étant écoulée; mais il le paraît que ce soit la « matière qui occupait l'intérieur, et même le « centre, qui eût été rendue fluide, pendant que « les couches extérieures avaient conservé leur « solidité; il est contre l'ordre que la fusion « commence par l'intérieur. Les couches inté- « rieures n'ont de chaleur que celle qu'elles re-

« çoivent des couches extérieures ; elles peuvent « au plus en avoir autant, mais elles ne sauraient « en avoir davantage. Pour le dénoûment de « ce fait il suffit néanmoins de se souvenir que « le fer forgé ne saurait être mis en fusion par « le feu ordinaire, et concevoir que la chaleur « n'a été assez violente dans notre fourneau pour « rendre la fonte fluide, qu'après qu'une cer- « taine épaisseur de nos marteaux a été adoucie, « a été convertie en fer forgeable ou en acier. « La chaleur a eu beau alors augmenter, les « marteaux ont conservé leur forme extérieure. « Leur intérieur était de la fonte qui se trouvait « renfermée dans une sorte de creuset de fer « non fusible et clos de toutes parts ; elle s'est « liquéfiée dans ce creuset ; et dans les endroits « où il était le plus mince, le plus faible, après « avoir ramolli les parois de cette espèce de « creuset, elle les a forcées à céder ; elle s'est « ouvert des passages par lesquels elle a coulé « dans le fourneau ou dans le creuset commun à « toutes les pièces. J'ai trouvé cette fonte dans le « bas du fourneau en masse informe.

« Peut-être mettra-t-on cette observation à « profit pour donner de la légèreté à certains « ouvrages de fer fondu qui seraient trop pesans.

« Si, après avoir amené leurs premières cou- « ches à être acier, ou fer forgé, on pousse le « feu plus violemment, leur intérieur fondra « assez vite, il n'arrivera pas même pour cela à « la surface de s'écailler s'il y a de la poudre « de charbon mêlée avec la poudre d'os ; la « poudre d'os était seule lorsque le fait précédent « arriva.

« Pour m'assurer que cette expérience n'était

« point l'effet d'un hasard singulier, ou, pour « parler plus exactement, d'un concours de « causes difficiles à rassembler, j'ai cherché à « changer des cylindres massifs en des tuyaux « creux. Pour cette expérience, j'ai pris des mor- « ceaux de ces mêmes baguettes que nous avons « employées pour les épreuves. J'ai mis de ces « morceaux de baguette dans de petits creusets « où ils étaient entourés de la composition propre « à adoucir. Ces creusets étaient exposés au feu « d'une forge ordinaire et entièrement couverts « de charbons. Je leur ai fait donner d'abord un « feu modéré propre à les adoucir; quand j'ai « estimé que ce feu avait suffisamment produit « d'effet, qu'il avait tiré les premières couches « de nos cylindres de l'état de fonte de fer, j'ai « fait augmenter le feu au point nécessaire pour « rendre liquide de la fonte de fer. Celle qui « occupait le centre de nos cylindres l'est deve- « nue aussi, et, devenue liquide, elle a aban- « donné le milieu du cylindre qui a été trans- « formé, comme j'avais travaillé à le faire, dans « un tuyau cylindrique. Cette expérience faite, « pour ainsi dire, à tâtons, ne m'a pas pourtant « toujours réussi; quelquefois j'ai fait agir trop « tard le feu violent, dans le temps que les cy- « lindres avaient été adoucis jusqu'au centre; « alors ils ont conservé leur solidité; quelque- « fois j'ai fait donner trop tôt le feu vif, et alors « tout s'est fondu; la couche adoucie, devenue « fer commun, étant trop mince, a été un creu- « set trop faible pour contenir le métal fondu. « Mais veut-on une manière immanquable de la « faire réussir? Qu'on retire du fourneau, où « on a mis des baguettes pour épreuves, de ces

Digitized by Google

« baguettes, qu'on les casse, et qu'on voie sur « leur cassure quelle partie de leur épaisseur est « adoucie; si cette épaisseur paraît suffisante, « qu'on donne à ces baguettes un feu violent, « comme nous venons de l'expliquer, et on les « rendra creuses. L'expédient que nous pro- « posons pour ces baguettes sera général pour « toutes les espèces d'ouvrages; on peut y laisser « des jets de fonte qui, étant cassés, instruiront « de l'état du reste. Mais le succès sera d'autant « plus sûr que les pièces seront plus épaisses; « cela même est une circonstance heureuse, car « ce ne sera guère que pour les pièces épaisses « qu'on pourra tirer avantage de cette observa- « tion. Avant de la quitter, remarquons encore « qu'on pourra faciliter la sortie de la matière « qui se fondra au milieu d'une pièce, et donner « à cette matière fluide issue par quel endroit « on voudra; on fera l'un et l'autre en couvrant « cet endroit d'un petit enduit de sable, ou de « quelque matière moins propre à avancer le « radoucissement, que ne le sont nos compo- « sitions. »

SECTION II.

DE L'ACIÉRIE.

C'est encore à Réaumur que nous devons les notions les plus précises sur le travail de l'acier; le premier, il jeta sur la composition de ce métal mixte, une lumière extraordinaire pour l'état des connaissances chimiques de son temps. Ses

Mémoires, portés chez l'étranger, contribuèrent fortement à y perfectionner les travaux métallurgiques, et, tandis que nous laissions dans l'oubli les élucubrations de ce savant laborieux, les artistes de l'Angleterre acquéraient, grâce à ses veilles, une supériorité que nous commençons à peine à leur disputer.

Le fer pur, fondu dans la poussière de charbon, devient acier ou fonte. Il semble, d'après cela, que la théorie de l'acier est très facile à établir, et jusqu'à nos jours, en effet, l'acier a été regardé comme composé de fer et de carbone.

Réaumur en a le premier apprécié la composition. Son opinion était toute renfermée dans cette définition, bien ingénieuse, si l'on considère le temps où il vivait : Le fer qui se charge d'une certaine quantité de matières sulfureuses et salines devient acier ; l'acier qu'on a dépouillé de ces mêmes matières redevient fer (1). Or, les matières employées par Réaumur étaient presque toutes à base de charbon.

Les métallurgistes qui admettent de l'oxigène dans la fonte, définissent ainsi les deux carbures de fer : La fonte contient du fer, de l'oxigène et du carbone ; l'acier ne renferme que du fer et du carbone.

Enfin les chimistes modernes, à la tête desquels se distingue Karsten, ne trouvèrent plus, dans la fonte et l'acier, d'autre différence que le mode de combinaison du carbone.

Les analyses exactes de Berthollet, Vander-

---

(1) *Art de convertir le fer forgé en acier*, IXe Mémoire, p. 237 ; 1722.

monde et Monge, ont conduit naturellement à la théorie actuelle. C'est d'après les mêmes principes, que Clouet et Mushet ont essayé de former des aciers de tous les degrés, en augmentant progressivement la dose de carbone. Clouet, à la vérité, modifia un peu cette théorie en prouvant qu'on pouvait faire de l'acier avec de l'acide carbonique; mais il confondit bientôt toutes les idées reçues, et donna à la science une direction toute nouvelle.

Mushet avait observé que l'acier le plus doux renfermait à peu près 0,8 de carbone; l'acier ordinaire, 1; l'acier plus dur, 1,1; l'acier très dur, 2. Ici se trouve, suivant Karsten, la limite où le tissu grenu de l'acier est remplacé par la texture lamelleuse de la fonte blanche.

M. Boussingault (1) nous a donné des analyses d'acier, faites par le moyen de l'acide sulfurique étendu de six fois son poids d'eau. Suivant lui, les aciers cémentés et fondus de la Bérardière contiendraient les principes suivants :

---

(1) *Annales de Chimie*, t. XVI, p. 5.

	ACIER		
	De la Bérardière.		De Glascow.
	Cémenté.	Fondu.	Poule.
Fer.........	0,99325	0,99442	0,99375
Carbone.....	0,00450	0,00333	0,00500
Silicium.....	0,00225	0,00225	0,00125
	1,00000	1,00000	1,00000

L'acier Clouet, fabriqué en fondant ensemble du fer, de l'argile et de la craie, ne contient pas de trace de carbone, et renferme 0,008 de silicium.

Ces observations, sur lesquelles nous aurons par la suite beaucoup de choses à dire, sont un fait nouveau dans la science; les expériences de Réaumur, dignes sous tant de rapports du plus grand intérêt, auraient dû le faire pressentir si le rôle que jouait exclusivement le carbone dans la fabrication de l'acier, n'avait attiré à lui seul toute l'attention des métallurgistes, et détourné cette attention des substances qui l'accompagnaient et ne paraissaient qu'accidentelles.

Il semblerait résulter des analyses de M. Boussingault, que l'acier n'est pas seulement composé de fer et de carbone, mais encore que le silicium paraît nécessaire à la formation du carbure. Si

cette opinion est vraie, elle démontrerait la différence qui existe entre la fonte et l'acier, différence mal expliquée jusqu'à présent, et sur laquelle il n'est malheureusement pas encore permis de prononcer.

Quoi qu'il en soit de la nécessité de la présence du carbone dans l'acier, il n'en est pas moins vrai que l'acier carburé a été jusqu'à présent le seul qu'on ait pu travailler, et que l'acier Clouet, quoique constituant un des faits les plus curieux de la métallurgie, paraît n'être d'aucun usage.

On ne saurait mettre en doute l'influence des bases des terres dans la formation de l'acier. Les expériences de Berzélius sur la cémentation, celles de Faraday sur le wootz, viennent à l'appui des opinions émises plus haut; mais, comme le carbone occupe encore le premier rang dans les substances nécessaires à la formation de l'acier, il nous paraît plus convenable d'admettre avec M. Muller le système de la composition ternaire du proto-carbure dont nous nous occupons.

Cette opinion est d'autant plus probable que, d'après la manière dont le silicium se comporte en présence du carbone, on ne peut que difficilement concevoir comment le métal pur se trouverait combiné au fer seul dans l'acier silicé. On ne peut attribuer une pareille erreur qu'à l'impossibilité de déterminer avec précision, par la dissolution dans les acides, la quantité de carbone contenue dans l'acier.

La définition de Rinman (1) ne pourrait non plus être rigoureusement admise. Suivant lui, on

(1) **Encyclopédie méthodique.**

Digitized by Google

devrait regarder comme acier tout fer qui, étant chauffé au rouge et plongé ensuite dans l'eau froide, se trouve plus dur qu'il n'était avant cette opération. Or, cette définition pourrait s'appliquer également, dans certaines circonstances, à la fonte et quelquefois même au fer.

Nous n'essaierons point de donner à notre tour une définition ; nous ne la croyons pas possible dans l'état actuel de nos connaissances, et nous attendrons de nouveaux faits pour nous déterminer. Notre opinion, d'ailleurs, serait de bien peu de poids mise en balance avec celle des célèbres métallurgistes que nous avons cités, et ce n'est pas ici le lieu de discuter le mérite de l'une ou de l'autre.

On distingue quatre espèces d'acier dans le commerce : 1°. *l'acier naturel*, qui est obtenu de la fonte ; 2°. *l'acier cémenté*, qui provient du fer et du carbone mis en présence ; 3°. *l'acier fondu*, obtenu par la fusion de l'un des deux premiers ; 4°. *l'acier d'alliage*, provenant de l'alliage de différens métaux avec le fer et quelquefois le carbone.

Ces quatre classes d'acier circulent dans le commerce sous des noms tellement variés et tellement soumis au caprice des fabricans, qu'il est difficile de ne pas les confoudre dans la mémoire. Ils n'ont d'ailleurs aucun rapport à la qualité du métal, et n'offrent d'autre résultat que de laisser l'acheteur dans l'ignorance la plus complète sur leurs propriétés. Nous signalerons cependant, à mesure que nous décrirons chacune des quatre classes, les noms vulgaires admis par les consommateurs, en nous attachant seulement à ceux qui sont le plus généralement connus.

On recherche avec raison l'acier bien homogène, c'est-à-dire celui dont toutes les parties de la masse sont partout les mêmes. Sous ce rapport, l'acier de fusion et celui de cémentation sont bien imparfaits; l'acier naturel surtout ne saurait être livré au commerce sans une opération préparatoire qu'on appelle *raffinage*.

CHAPITRE PREMIER.

De l'Acier naturel.

L'acier naturel porte également les noms d'*acier de forge*, *acier de fusion*, *acier d'Allemagne*, *acier soudable*, *acier brut*, etc., etc.; il se fabrique en Styrie, en Allemagne, à Cologne, en Hongrie, à Solinghen, en France.

On obtient l'acier de fusion, ou par l'affinage immédiat des minerais, ou par l'affinage de la fonte.

ARTICLE PREMIER.

Acier obtenu par l'affinage immédiat.

L'affinage immédiat pour acier a lieu ou dans des bas-fourneaux, ou plutôt des stuckofen allemands, ou dans des feux à la catalane.

La première méthode n'est guère suivie qu'en Styrie et en Carinthie, encore commence-t-elle à y être abandonnée; la seconde est généralement en usage dans les Pyrénées. Nous allons les passer successivement en revue.

§. Ier.

Méthode allemande.

Nous empruntons au *Voyage métallurgique* de Jars la description de ce procédé imparfait.

« Le fourneau sur lequel on chauffe les *stucks* « est une aire comme une forge, à environ un « pied d'élévation au-dessus du sol de la fonde- « rie ; le bassin du foyer est formé avec des pièces « de fer placées tout autour. D'un côté est une ou- « verture plus basse même que le sol de la fon- « derie ; la pièce de fer placée à cette ouverture, « et qui fait partie du bassin, est percée à diffé- « rentes hauteurs, de petits trous d'environ un « demi-pouce de diamètre ; ils servent à faire « couler les scories dans le creux ci-dessus. « Le bassin a deux pieds de profondeur ; on y « met, dans le fond, de la poussière de char- « bon, qu'on humecte beaucoup, et l'on répand « par-dessus un peu de scories d'un précédent « travail qui ont été éteintes dans de l'eau. Il y « a devant ce foyer une tuyère dans laquelle ré- « pondent deux soufflets de bois simples. On rem- « plit entièrement le foyer de charbon, et l'on « met par-dessus la moitié d'une *masse*, de celles « qui viennent d'Eszenhartz : elle peut peser de- « puis sept jusqu'à huit quintaux et plus. On la « recouvre bien de charbon ; on fait agir les souf- « flets. On ajoute du charbon lorsqu'il en est be- « soin, en continuant de souffler jusqu'à ce que « la *masse* devienne d'un rouge blanc et s'amol- « lisse. Pendant ce temps, il y a du fer qui se dé- « tache, ainsi que les crasses, et tout tombe au « fond du bassin. Quand il y en a une certaine

« quantité, on débouche, avec une verge de fer,
« un des petits trous de la plaque de fer dont on
« a parlé, et les scories coulent dans le creux,
« dans lequel on a mis de l'eau auparavant : on
« ne laisse pas tout couler, parce que les scories
« entretiennent de la chaleur dans le fourneau.
« Quant au fer, il se rassemble en masse dans le
« fond ; on en fait usage ensuite. Lors donc que
« l'on voit que la *masse* est assez pénétrée de feu,
« ou assez molle, ce que l'on reconnaît avec une
« baguette de fer que l'on pique en dedans, à
« travers les charbons ; cela arrive ordinairement
« au bout de cinq à six heures de feu, suivant la
« grosseur de la masse ; on la retire alors par le
« moyen d'une grosse tenaille suspendue au bout
« d'un levier, qui est fixée à une potence mobile.
« Un homme, baissant l'extrémité du grand le-
« vier, lève la pièce ; on fait tourner la potence,
« et l'homme qui dirige le levier conduit la pièce
« sur l'enclume pour la couper et la cingler. »

Cette méthode, du reste, a un très grand désavantage : quelque précaution que prenne l'ouvrier, il ne pourra jamais connaître d'avance la nature du produit ; ce n'est qu'en examinant les *stucks* qu'il pourra sortir de l'ignorance, et encore le hasard présidera-t-il bien souvent à cette distinction entre l'acier et le fer. Avec une méthode aussi imparfaite, il n'est point étonnant que Jars et Karsten ne nous aient laissé aucun calcul approximatif du produit de ces usines en acier ; il est même probable que les chefs de ces établissemens auraient été bien en peine de s'en rendre compte à eux-mêmes.

Tous les *stucks* contiennent du fer ; quelquefois c'est du fer et de l'acier ; bien rarement, ou

peut-être jamais, c'est de l'acier seul. On conçoit en effet qu'il est impossible que la masse de fonte coagulée reçoive à son noyau un égal degré de chaleur qu'à la surface. La décarburation n'est donc pas égale, et telle partie qui a d'abord commencé par être de l'acier, ne tarde pas à s'affiner entièrement et à passer à l'état de fer. Ce n'est donc guère que le noyau qui reste carburé, et c'est là que l'acier peut se former; mais si l'on considère que ce n'est que dans certains cas, et sous certaines conditions, que le protocarbure se manifeste, on concevra facilement qu'il y a une foule de cas où le *stuck* ne donne point la quantité d'acier désirée. Ce n'est qu'accidentellement même qu'on obtient ce métal, et c'est avec juste raison que le procédé allemand est banni de presque toutes les usines.

Le minerai versé pêle-mêle, dans le fourneau, avec le charbon, commence par se réduire et descend aussitôt au fond du creuset. On continue à jeter de nouvelles charges pendant dix-huit heures environ, jusqu'à ce que le creuset contienne 800 à 1000 kilog. environ. C'est alors qu'on ouvre la poitrine du fourneau pour en faire sortir la fonte et les scories. Une partie du régule, celle solide, est mise à part pour travailler à l'acier; l'autre est coulée comme la fonte ordinaire et est destinée à la fabrication du fer.

§. II.

Méthode française.

La fabrication immédiate de l'acier n'est guère en usage en France que dans les Pyrénées. C'est rarement à dessein qu'on y prépare le proto-

carbure : ce produit est presque toujours accidentel. Néanmoins il existe des circonstances plus favorables que d'autres à la fabrication de l'acier et des manipulations ou constructions particulières qui y peuvent conduire avec plus ou moins de certitude.

Nous avons déjà décrit l'affinage immédiat à la catalane ; il nous restera peu de chose à dire sur le travail de l'acier.

Les dimensions du creuset catalan changent suivant qu'on veut obtenir des massés de fer ou des massés d'acier. M. Combes nous a donné les proportions suivantes de deux feux des Pyrénées, dont l'un était destiné à la réduction du minerai, et l'autre à la fabrication du proto-carbure.

	Pour fer.	Pour acier.
Largeur au fond du creuset...	0m,54	0m,48
Longueur, *idem*............	0 60	0 54
Largeur au niveau de l'aire...	0 70	0 60
Profondeur du creuset.......	0 87	0 84
Hauteur de l'arête qui joint la face du chio à la taque de fer inclinée vers le feu.....	0 67	0 65
Hauteur de la tuyère à son entrée dans le creuset........	0 49	0 46
Hauteur du trou du chio.. .	0 08	0 06
Saillie de la tuyère..........	0 16	0 16
Inclinaison de la tuyère......	38 à 39°	45° au moins.

En jetant les yeux sur ces proportions, on peut remarquer que la tuyère, également saillante pour le fer et l'acier, est cependant beaucoup plus inclinée pour la préparation du dernier.

On jette d'abord dans le creuset le charbon enflammé qui provient du travail précédent ; puis, on charge de charbon jusqu'à l'orifice de

la tuyère. Par-dessus ces morceaux de charbon, on forme une couche de poussière de charbon humide, au-dessus de laquelle on charge, du charbon vers la varme et le contrevent, le minerai en morceaux, mêlé avec des débris de charbon. Enfin on recouvre ce minerai de charbon humide et on donne le vent. L'opération continue comme dans l'affinage pour fer.

Au bout d'une heure et quart, on fait écouler les scories, puis, on perce de temps en temps le trou du chio, et on cesse d'ajouter de la greillade.

Le travail dure six heures environ; on traite à la fois 230 à 240 kilog. de minerai, et on obtient 150 kilog. d'acier brut étiré en barres. En général le produit de 100 kilog. d'acier est obtenu de

238 kilog. minerai.
349 *idem* charbon de pin.

La température très élevée au fond du foyer, par suite de l'inclinaison de la tuyère et de la grande quantité de charbon, est très propre à favoriser la cémentation; l'écoulement continuel des scories laisse en outre les grumeaux découverts en contact avec les charbons que le ringard de l'ouvrier y ramène continuellement. Il est important d'obtenir le moins de scories possible et de les faire écouler le plus souvent qu'on le peut; c'est pour cela qu'on n'ajoute point de greillade vers la fin de l'opération. La greillade, au commencement de la réduction, ne peut nuire à la cémentation du fer.

L'affinage ou corroyage a lieu dans un petit foyer dont les proportions sont telles qu'il suit:

Digitized by Google

Longueur...............	0m,38
Largeur................	0 32
Hauteur du contrevent....	0 38
Hauteur du devant........	0 24

La tuyère est horizontale et placée au milieu du foyer.

Le cinglage se fait de la même manière que celui du fer, mais les barres étirées sont jetées immédiatement dans de l'eau froide pour les tremper.

Avant de former des trousses et de procéder au corroyage, l'ouvrier dispose les barres d'acier suivant leur qualité et en tas; l'acier fort est destiné à la fabrication des limes; l'acier moyen, auquel on joint une barre de fer, forme les trousses de coutellerie; on ajoute à ces trousses une seconde barre de fer pour les ressorts de voitures.

La trousse une fois formée, le corroyeur la saisit à l'aide de tenailles et la porte sur le foyer, au-dessus de la tuyère; lorsqu'elle est échauffée, il jette par-dessus une pelletée de sable et de battitures d'acier, et les fait fondre de manière à couvrir les barres. La trousse est ensuite chauffée au rouge blanc et portée sous le martinet. On chauffe trois fois, jusqu'à ce que le corroyage soit achevé. Quand la barre est entièrement soudée, on la coupe en deux, et on corroie de nouveau les deux parties l'une sur l'autre.

ARTICLE II.

Acier obtenu par l'affinage de la fonte.

Si, au lieu de maintenir dans un feu d'affinerie ordinaire le loppin au-dessus et au milieu

du courant d'air, on le travaille sous le vent, au-dessous de la tuyère, la masse s'affinera lentement, perdra peu à peu son carbone, et l'affineur pourra arrêter l'opération aussitôt qu'il la jugera assez avancée pour qu'un changement partiel se soit opéré et que la loupe soit amenée à l'état d'acier. Telle est la théorie de l'affinage de la fonte pour produire du proto-carbure.

Cette pratique est tout entière dans l'habitude et le talent de l'affineur. Un peu de négligence de sa part prolongerait l'opération au-delà des bornes, ou décarburerait totalement le métal. Il faut donc une grande expérience et beaucoup d'adresse de la part de l'affineur, d'autant mieux que souvent il est obligé de remédier à des inattentions, soit en avançant ou retardant l'affinage.

La fonte grise demande un vent plongeant et rapide : plongeant, parce que la décarburation doit être retardée pendant la fusion ; rapide, pour conserver à la fonte sa fusibilité, et pour répartir le carbone d'une manière uniforme. La fonte blanche doit être soumise à l'action d'un vent horizontal; elle veut être fondue avec rapidité et affinée avec lenteur.

Dans la fonte grise, le graphite s'oppose à la formation de l'acier; il faut donc d'abord le détruire, et donner au carbure de fer plus d'homogénéité. Les battitures et les scories, celles surtout qui sont des silicates, conduisent, quoique indirectement, à ce but. Elles épaississent la masse, il est vrai, mais l'ouvrier, en brassant et remuant vivement et sans cesse le métal, sait lui conserver sa grande fluidité, à l'aide de laquelle le carbone se répartit avec uniformité dans la pâte liquide.

Digitized by Google

Les fontes manganésifères ont, comme nous le savons, une très grande fusibilité; elles favorisent, sous ce rapport, la parfaite répartition du carbone. Aussi sont-elles recherchées pour la fabrication de l'acier, et comme elles sont assez généralement parfaitement homogèues, elles donnent le meilleur acier de forge. C'est une chose remarquable que le manganèse, qui est par lui-même très réfractaire, forme avec le fer un alliage plus fusible que ce dernier métal même.

Karsten nous donne, dans son Manuel, une description fort curieuse de l'affinage des fontes grises pour acier, dans la Westphalie et la Silésie. Nous ne pouvons résister au plaisir de citer cette opération.

Les feux y sont montés de la manière suivante :

Largeur du creuset, ou distance de la varme au contrevent	62c,77	
Largeur ou distance du laiterol à la rustine.	78	46
Profondeur depuis le fond jusqu'au vent.	15	69
La varme penche de 8 à 12° dans le feu; la tuyère dépasse cette plaque de.....	10	46
La distance de la tuyère à la rustine est de	26	15

Le fond est formé ordinairement de quatre morceaux de grès de 5c.,23 à 6c.,32 d'épaisseur, qui, se réunissant au centre, sont assemblés de manière que ce point se trouve de 11 millimètres plus bas que le pourtour du creuset.

La haire et la varme ont une même hauteur; mais le contrevent et le laiterol sont de 20 à 26 centimètres plus élevés que les deux premières, suivant la nature du combustible; car, plus le charbon est mauvais, plus on doit donner de profondeur au feu.

Le contrevent penche de 2 à 3 degrés en dehors pour la facilité de la manœuvre ; il est surmonté par une autre plaque de 7 à 10 centim. de hauteur, inclinée dans le feu, pour concentrer la chaleur et pour empêcher le tassement des charbons qui se trouvent de ce côté du creuset.

La tuyère, dont l'ouverture a 32 millimètres de largeur sur 13 millimètres de hauteur, plonge de 5 à 10 degrés.

On garnit le pourtour du feu avec du fraisil et de la charbonnaille.

En coulant les plaques, on y fait des coches ou crans, pour qu'il soit plus facile d'en déterminer la rupture, et d'en détacher des morceaux de 12 à 25 kilogrammes.

Le grès qui sert de sole doit avoir un grain assez fin, et doit résister à la chaleur sans se fondre. S'il est de bonne qualité, on peut faire 8 à 10 loupes dans le creuset avant de changer le fond ; mais on est déjà content lorsqu'il supporte quatre à cinq affinages successifs ; quelquefois il se brise au premier. On ne pourrait remplacer cette pierre par une plaque de fonte, parce que le métal s'y attacherait, et que, d'ailleurs, elle serait usée très vite par le frottement continuel des ringards : c'est aussi pour cette raison qu'on ne pourrait la brasquer.

En commençant le travail, on fait fondre avec le premier morceau de plaque, une petite quantité de battitures ou de laitiers riches pour tapisser le fond; les autres fragmens de fonte, mis d'abord sur l'aire du foyer et chauffés préalablement, se placent un à un dans le feu, près du contrevent, dans une direction verticale. On jette sur la haire les loppins obtenus précédemment ; ils

s'échauffent, compriment le fraisil et empêchent que le vent ne le disperse. Portés ensuite successivement dans le feu et placés au-dessus de la tuyère, ils reçoivent la chaude nécessaire pour être forgés en barres.

Le premier morceau de fonte s'affaisse peu à peu en se liquéfiant, car le vent ne peut agir que sur son extrémité inférieure; s'il tardait à se fondre, on l'approcherait un peu de la tuyère en l'inclinant. On doit fortement activer les soufflets, produire un vent rapide et donner au métal une parfaite liquidité. Arrivé à ce but, on doit ralentir le courant d'air, jeter un peu de battitures sur le feu et brasser la masse avec un ringard, jusqu'à ce qu'elle devienne pâteuse.

Ensuite on place dans le feu un deuxième fragment de *floss* déjà chauffé au rouge; on lui donne une position verticale comme au premier, et l'on augmente encore une fois la vitesse du vent. Le second morceau, qui pèse ordinairement 15 kilogr. (le poids du premier est seulement de 12 kilogr.), entraîne dans la fusion la masse entière, qui, de pâteuse qu'elle était, redevient liquide. Si l'on s'aperçoit alors qu'elle conserve beaucoup de crudité, on y ajoute une petite dose de laitier riche, ce qu'on doit pourtant éviter le plus possible. On ralentit encore le vent dès que la fonte est liquéfiée, et on la brasse jusqu'à ce qu'elle se change en une pâte épaisse; mais il faut craindre qu'elle ne devienne trop dure en s'affinant et qu'elle ne s'attache au fond du creuset.

Le troisième fragment de plaque, pesant 20 à 25 kilogr., doit être traité comme les précédens. Toute la masse reprend de la liquidité; on y jette un peu d'oxides riches en la brassant avec force,

et l'on ralentit très peu l'action des machines soufflantes. Si l'on s'aperçoit alors que le fer s'attache au fond, qu'il devient malléable et qu'il produit des scories douces, on donne un coup de vent extrêmement rapide, on brasse la matière sans interruption, afin de faire naître une vive effervescence. Après qu'on a continué le brassage quelque temps, la matière s'affaisse et le métal se rassemble en forme de gâteau; on ne cesse de le travailler jusqu'à ce qu'il soit impossible d'y enfoncer le ringard.

On approche alors le *quatrième* morceau de fonte, qui pèse une quinzaine de kilogr. et qu'on place dans le feu vers le centre du gâteau; de manière que ce dernier, attaqué par le fer cru au milieu seulement, se trouve percé jusqu'au fond, tandis que ses bords restent intacts; le vent, très rapide pendant la fusion, doit être modéré ensuite. Le brassage commence et il se continue jusqu'à ce que le bouillonnement, qui a reparu, ait cessé et que la masse se trouve affaissée. On traite de la même manière le cinquième morceau de fonte. Souvent même on en fait liquéfier un sixième. On doit, pendant le dernier brassage, donner toujours le vent le plus fort; toutefois on ralentit la vitesse du courant d'air, si l'on s'aperçoit qu'il forme un trou au centre de la loupe.

Pour empêcher que la loupe d'acier ne se couvre d'une couche ferreuse, on doit arrêter le vent à une époque convenable. On reconnaît ce moment, soit à la consistance de la masse, soit aux scories douces qui s'attachent au ringard.

Dès que les soufflets cessent d'agir, on enlève le fraisil et la charbonaille, on découvre le gâteau, qu'on laisse refroidir un peu, afin qu'il ne s'en

détache point de fragmens ; on enfonce ensuite un ringard à coups de masse dans le creuset, à travers le trou du chio, et c'est au moyen de cette barre qu'on parvient à soulever la loupe attachée fortement à toutes les plaques du pourtour. On la coupe en six, sept ou huit loppins de forme pyramidale et dont les pointes se réunissent au centre, parce que l'acier est toujours un peu plus dur vers les extrémités.

Les loppins obtenus précédemment s'étirent pendant la fusion: convertis en barres de 32 mill. d'équarrissage, ils sont délivrés aux raffineurs. Mais, comme ces barres doivent être réduites à une faible épaisseur, on ferait mieux de forger les loppins en lames plates; il en résulterait une économie, et l'acier n'en serait que meilleur.

La consommation de charbon est très grande; elle s'élève quelquefois à 2m.c,6398 par 100 kilogr. d'acier. Le déchet varie selon la qualité du fer cru et l'adresse des ouvriers. Souvent on est satisfait lorsque trois parties de fonte en donnent deux d'acier. Si le régule est meilleur, 7 parties en donnent 5; et quelquefois, lorsqu'il est d'une excellente qualité, 4 parties de fer cru peuvent en donner 3 d'acier. Ainsi, 100 kilogr. d'acier sont produits par

130 à 150 kilog. de fonte.
20 hectol. de charbon de bois.

Chaque foyer n'est desservi que par un maître ouvrier, un marteleur et un aide, attendu que le travail ne peut se continuer sans interruption.

Dans quelques usines, on ajoute de la ferraille à la masse fondue, après que le quatrième morceau est entré en fusion. La ferraille ainsi ajoutée

est le tiers à peu près du poids total du loppin.

Dans la principauté de Siegen, en Styrie, en Carinthie, dans la Carniole et le Tyrol, on emploie des procédés différens. Les aciéries de Siegen affinent la fonte telle qu'elle sort des hauts-fourneaux.

En Styrie, on convertit d'abord la fonte grise en fer par la méthode à double fusion en usage dans ce pays; quant à la fonte blanche, on cesse de l'exposer au courant d'air, aussitôt qu'on s'aperçoit que le métal va louper. L'acier de Styrie, connu sous le nom d'*acier de faulx*, est quelquefois raffiné et forgé en petites barres: c'est ce qu'on appelle *mock*.

Le *mock* est plus doux que le *stuckstahl* ou *acier d'Allemagne;* celui-ci est traité dans des feux brasqués ordinaires. La fonte, placée sur la brasque fortement damée, près du contrevent, est tenue avec des tenailles, comme les loppins, et exposée à un vent lent. Elle fond doucement, et on y ajoute un peu de laitier riche. La fusion, lente dans la méthode styrienne, est rapide dans le procédé allemand. Aussi l'une s'affine par le repos et l'autre par le travail.

Les aciers fins, pour armes blanches, le *brézian fin*, le *brézian commun*, l'*acier roman*, demandent beaucoup plus de soin : on liquéfie d'abord la fonte et on l'affine par le brassage; mais la masse est coupée en plusieurs loppins qui sont étirés dans un feu particulier. L'acier d'armes blanches s'étire en barres de 10 à 12 lignes d'épaisseur; le brézian en barres de 5 à 6 lignes.

On donne, dans la principauté de Siegen, le nom d'acier *edelstahl* à un acier aigre, obtenu à Müssen par un procédé analogue à celui qui est

by Google

pratiqué dans le nord de l'Allemagne ; seulement on y emploie la fonte blanche provenant de minerais spathiques, et l'opération se trouve conséquemment abrégée ; on y ajoute, en outre, des battitures, et l'on ne fait écouler les scories qu'au moment de l'effervescence. Le *mittelkœhr* est un *edelstahl* moins cassant.

Dans le département de l'Isère, on affine la fonte pour acier, en la maintenant à l'état liquide dans le creuset et brûlant peu à peu le carbone ; mais comme le bain de fonte est toujours recouvert d'une couche de scories, il s'ensuit que le carbone se dégage avec une grande lenteur et que l'opération pour achever une loupe dure de 24 à 30 heures. Dans la Nièvre, la fonte est convertie préalablement en blettes, ce qui abrége un peu le travail.

ARTICLE III.

Du raffinage de l'Acier.

Les méthodes de fabrication de l'acier naturel, telles que nous les avons décrites, sont tellement incomplètes et incertaines, qu'on n'obtient que bien rarement un acier homogène, tenace et élastique. Il est nécessaire, avant de le livrer au commerce, de le corroyer d'une manière analogue à celle qui est mise en usage pour le fer, et de rendre à son tissu une contexture plus régulière et une composition plus uniforme. Ce corroyage porte assez improprement le nom de *raffinage*.

Le nombre de chaudes qu'on donne à l'acier dans le raffinage, dépend de la qualité de l'acier brut ; plus celui-ci est homogène, moins il

doit être raffiné. En exposant trop souvent au feu le proto-carbure de fer, on brûle le carbone, et on court risque de changer complétement la nature du métal.

On commence par étirer les loppins en barres plates de 20 à 24 pouces de long, sur 15 à 18 lignes de large; on les plonge toutes rouges dans l'eau froide et on les réunit en trousses, en ayant soin d'assortir le mieux possible les barres. L'habitude de l'ouvrier exercé lui fait facilement trouver cet assortiment, à la cassure des lames. Les barres extérieures de la trousse sont chacune d'un seul morceau; mais celles qui sont placées entre elles peuvent être composées de lames de toutes dimensions et de morceaux brisés.

Les trousses sont portées dans un four de réchaufferie, et portées au blanc soudant, puis retirées avec des tenailles, après avoir été saupoudrées d'argile. Le but de cette opération est de les recouvrir d'une couche de laitier, et d'éviter le contact de l'air atmosphérique, qui ne manquerait pas de décarburer le métal. La trousse est ensuite portée sous le marteau ou sous le laminoir, et réduite en une barre carrée de 18 à 20 lignes d'épaisseur. Puis on la coupe en deux, à l'aide de la tranche, on réunit les deux parties l'une sur l'autre, on les soude et on étire de nouveau cette trousse. La même opération se répète trois ou quatre fois.

Les foyers de réchaufferie sont semblables à ceux que nous avons décrits en parlant des *reheating furnaces* de l'affinage anglais. Quelquefois ce sont des feux de forge; mais alors on les recouvre d'une voûte surbaissée. Dans les

premiers, on brûle de la houille; dans les seconds, du charbon de bois.

Le raffinage de l'acier est singulièrement amélioré par la grande expérience de l'ouvrier qui forme les trousses : s'il est adroit, il peut remédier souvent à la mauvaise qualité de l'acier par l'assortiment bien entendu des lames, chaque fois cependant que cette mauvaise qualité ne provient pas de la nature de la fonte.

CHAPITRE II.

De l'Acier de cémentation.

Si en ôtant à la fonte une certaine portion de son carbone, ou en le répartissant plus uniformément dans le métal, on parvient à faire de l'acier, il est possible de concevoir qu'on peut rendre au fer pur une certaine quantité de carbone, et le ramener à l'état de proto-carbure. La première méthode que nous venons de décrire a pour résultat l'acier naturel, l'autre produit l'acier de cémentation.

La cémentation du fer est peut-être la preuve la plus forte en faveur de la théorie du fer. C'est cette théorie qui a conduit Réaumur dans ses recherches des cémens, et le choix des cémens seuls pourrait indiquer la théorie de l'acier. Mais un fait d'une grande importance, c'est que le fer à l'état solide peut se charger de carbone sans produire autre chose que de l'acier, tandis que la fusion est nécessaire pour que la présence du carbone l'amène à l'état de fonte. Ceci servirait à expliquer la différence qui existe entre la fonte et l'acier, différence qui semble due à une manière d'être purement mécanique.

Digitized by Google

Le carbone ne peut saturer toute la masse du fer ; la force de cohésion s'oppose à une combinaison générale, car ce n'est qu'entre les corps liquides que cette combinaison peut s'opérer. Le carbone pénètre par couche, et la surface du fer est déjà aciérée que le noyau n'a pas changé de nature. L'acier de cémentation ne peut donc être homogène. On parviendrait à approcher de cette homogénéité, en cémentant des barres très minces, mais il serait à craindre qu'elles n'entrassent en fusion, surtout dans les ateliers où l'on travaille en grand, et où il est bien difficile de régler uniformément la chaleur.

On se borne à raffiner l'acier, c'est-à-dire à l'étirer en trousses, ainsi que nous l'avons dit ; mais alors il faut répéter plusieurs fois les chaudes, et avoir grand soin d'éviter le contact de l'air.

L'extrait ci-après des Mémoires de Réaumur servira à faire comprendre le travail de la cémentation, en même temps qu'il donnera une idée de la rare sagacité de cet excellent métallurgiste. Nous conservons ses expressions propres.

« Les ouvriers qui font les grosses limes n'y « emploient que du fer, ils les rendent néanmoins « aussi dures que les limes d'acier. Les arquebu- « siers font prendre une dureté pareille à quan- « tité de pièces de fusil, composées de pur fer, « et cela par le moyen des trempes en paquet ; « c'est-à-dire, comme nous l'expliquerons ail- « leurs plus au long, qu'après que ces ouvriers « ont donné à leurs pièces de fer une figure con- « venable, ils les renferment dans des boîtes de « tôle avec un mélange de différentes drogues ;

« ils enduisent ces boîtes de terre et les mettent « ensuite dans un fourneau, où ils leur donnent « un feu plus où moins long, selon la grosseur « des pièces renfermées. Après avoir retiré ces « pièces du feu, ils les trempent toutes rouges « dans l'eau froide, elles s'y endurcissent comme « l'acier. Or, pourquoi cette opération rend-« elle le fer capable de prendre une pareille du-« reté? Quand j'ai cherché à le découvrir, j'ai « reconnu que c'est qu'elle convertit en acier les « premières couches du fer. Alors les limes de « fer agissent comme celles d'acier; leurs dents « sont d'acier comme celles des autres. Des expé-« riences inutiles à rapporter ici m'ont pleine-« ment convaincu du changement de cette partie « du fer en acier, auquel les ouvriers ne pren-« nent pas garde; ils se servent d'outils réelle-« ment d'acier, et ils les croient de fer.

« La conséquence que j'ai tirée de cette obser-« vation, c'est que les matières employées pour « les trempes en paquet pourraient faire la base « des compositions propres à convertir le fer en « acier; que si ceux qui trempent en paquet, « donnaient un feu plus long à leurs pièces, ils « les rendraient acier jusqu'au centre : cela serait « fort inutile aux outils dont nous avons parlé, qui « n'ont besoin de dureté que dans leurs premiè-« res couches; mais la remarque m'était essen-« tielle, à moi qui cherchais à rendre des barres « de fer entièrement acier.

« Les bases des compositions employées pour « les trempes en paquet sont des charbons pilés, « des cendres, des suies qu'on assaisonne de « sels et qu'on mêle avec diverses matières, soit « végétales, soit animales, soit minérales. Les

« secrets enseignés pour convertir le fer en acier « reviennent assez souvent, pour le fond, à ces « compositions ; mais chaque ouvrier a ses in- « grédiens favoris qu'il y fait entrer ; il a ses « doses particulières dont il fait mystère. Après « tout, quand les ouvriers d'Allemagne, « d'Angleterre, ou des autres pays, m'eussent « communiqué leurs compositions, j'en serais « toujours venu aux essais que je rapporterai « dans la suite ; ils ne m'en eussent épargné au- « cun : indépendamment de l'intérêt du royaume, « la matière était assez importante en soi pour « mériter d'être examinée à fond. Il fallait s'as- « surer si les ingrédiens qu'on emploie sont les « meilleurs, si on ne pouvait leur en substituer « d'autres dont l'effet fût plus sûr, ou plus « prompt ; s'assurer, par exemple, si certains « sels méritent la préférence dont ils sont en « possession ; si on n'en néglige point qui seraient « employés avec plus de succès ; si on ne fait « point entrer dans ces compositions des ma- « tières qu'on en devrait écarter comme nui- « sibles ou au moins comme inutiles ; il fallait « parvenir à déterminer les justes doses de cha- « que matière, chercher s'il n'y avait pas moyen « de parvenir à faire en acier quelque chose de « mieux que ce qu'on fait aujourd'hui ; voir jus- « qu'où la perfection de l'acier pourrait être por- « tée. Enfin, il fallait réduire en règle la manière « d'opérer la conversion du fer en acier, en « faire un art connu, aisé à exercer par les ou- « vriers ; mais c'est un art qu'il fallait inventer « avant que de le décrire : on n'y pouvait par- « venir que par un nombre d'expériences qui « devait sembler prodigieux ; j'ai osé le tenter, et

« je serai très content du travail où elles m'ont « engagé, si le public en retire quelque avantage.

« Nous ne pouvons nous dispenser de com« mencer par donner une idée grossière de la « façon dont on emploie les matières néces« saires pour opérer la conversion du fer en « acier. Communément on a des caisses ou de « grands creusets carrés, dans lesquels on ren« ferme les barres de fer qu'on veut changer en « acier; les uns font faire ces caisses ou creusets « de tôle, les autres les font faire de fonte, et « d'autres enfin n'emploient que des creusets de « terre; au lieu de caisses, quelques uns ont des « fours construits exprès, où ils peuvent placer « de longues barres. Quoi qu'il en soit, après « avoir coupé ces barres d'une longueur pro« portionnée à celle de la capacité où on les veut « mettre, on les couche, on les arrange par « lits, qu'on sépare les uns des autres par d'au« tres lits faits de la composition propre à les « changer en acier. Les creusets étant remplis, « on les couvre, on les lute et on leur donne « un feu violent et plus ou moins long, selon la « construction du fourneau, selon la quantité « et l'épaisseur du fer qu'on y renferme. Il s'a« gissait de faire des expériences qui découvris« sent l'effet que produisent sur le fer différentes « matières séparément, ou mêlées ensemble en « différentes proportions, qui envelopperaient « ce fer pendant qu'il serait chauffé par un feu « d'une force et d'une durée convenable : pour y « parvenir, je commençai par faire faire quan« tité de petits creusets de terre, carrés ou « carrés longs. Tous les creusets d'une même « fournée étaient égaux et semblables; je renfer-

« mais dans chaque creuset des morceaux de « fer de même qualité, égaux en poids et en « toutes dimensions ; je leur donnais le feu le « plus égal qu'il m'était possible ; j'entourais le « fer de chaque creuset d'une matière différente « ou d'un mélange de matières différentes. C'é- « tait donc uniquement à la différence des ma- « tières qu'il fallait attribuer la différence des « changemens faits dans le fer, puisque d'ail- « leurs tout le reste était égal. J'ai souvent em- « ployé des creusets qui ne pouvaient contenir « qu'une demi-livre ou même un quarteron de « fer, avec la composition qui le devait envelop- « per : par là, j'avais la facilité d'expédier trente « à quarante essais dans une seule fournée d'un « assez petit fourneau. Si j'eusse voulu com- « mencer par des expériences en grand, les fonds « d'un puissant Etat eussent à peine pu suffire « à toutes celles dont j'ai eu besoin ; aussi di- « rai-je en passant, que la plupart de ceux qui « ont tenté de convertir les fers du royaume en « acier, ont échoué pour avoir voulu commencer « à travailler trop en grand : il nous a paru que « quelques uns avaient le fond du secret ; mais « avant de savoir ce qu'il fallait y ajouter ou y re- « trancher, par rapport à la nature des fers aux- « quels ils doivent l'appliquer, ou par rapport à « la construction des fourneaux dont ils étaient « obligés de se servir, ils ont toujours voulu « commencer par convertir à la fois une grande « quantité de fer ; leurs premiers essais leur « coûtaient si cher, qu'avant qu'ils eussent pu « parvenir à faire tous ceux qui étaient néces- « saires pour rectifier les doses de leur compo- « sition, ils avaient épuisé leur petite fortune et

« toutes les ressources qu'ils pouvaient tirer de
« ceux qui s'étaient associés avec eux.

« Je commençai par essayer huit compositions
« différentes, les trempes en paquet m'avaient
« donné l'idée de quelques unes; je leur en joi-
« gnis d'autres que j'avais trouvé imprimées, et
« une que M. d'Angervilliers, attentif au bien du
« royaume, nous avait tirée d'Allemagne, d'où
« son intendance de Strasbourg le met à portée.
« Le succès de cette première expérience fut au
« moins aussi heureux que je l'attendais; les fers
« de tous mes creusets, après cinquante-neuf
« heures de feu, furent plus d'à moitié changés
« en acier; remis au feu une seconde fois et pen-
« dant un pareil temps, ils le furent tous entiè-
« rement : à la vérité ils n'étaient pas des aciers
« tels que je les cherchais; les uns étaient trop
« grossiers, d'autres n'étaient guère plus durs
« que le fer; quelques uns étaient fins et durs,
« mais ils ne pouvaient soutenir le marteau, il
« eût été impossible de les travailler. C'en était
« pourtant assez pour m'apprendre que j'étais
« sur les voies, mais qu'il fallait démêler ce qui
« manquait à quelques unes de mes composi-
« tions, ce que d'autres avaient de trop; enfin,
« qu'il fallait les décomposer chacune pour con-
« naître l'effet de chacune de leurs matières, et
« que je viendrais ensuite à combiner ces diffé-
« rentes matières en différentes proportions.
« Mais pour ne rien laisser en arrière, et remon-
« ter aussi loin qu'on pouvait aller, je crus qu'il
« fallait commencer par rechercher si le fer,
« qui a été chauffé long-temps et violemment
« sans être exposé à l'action immédiate de la
« flamme, de cela seul n'acquérait pas les qua-

« lités de l'acier; si la durée du feu seul n'avait « pas produit une partie des changemens que « j'avais observés. Pour m'en éclaircir, je renfermai des morçeaux de fer dans divers creusets, où je ne les entourai que de matières insipides ou presque insipides; les uns étaient « enveloppés de terre à potier, pareille à celle « dont le creuset était fait; d'autres l'étaient de « chaux commune, d'autres de plâtre, d'autres « de poudre d'os calcinés, d'autres de différentes sortes de sable, d'autres de cendres lessivées, et enfin d'autres de verre pilé. Tous « ces essais m'apprirent que le feu n'était pas capable de convertir en acier un fer qui n'était « environné que de matières trop terreuses et « presque insipides : plusieurs de ces matières « ont pourtant produit des effets différens sur « le fer, qui m'ont paru mériter d'être remarqués, et qui pourront avoir leur utilité.

« La chaux ordinaire, par exemple, la chaux « d'os ou les os calcinés, loin de donner au fer « quelque disposition à être acier, n'en ont fait « qu'un fer plus doux à la lime et au marteau; et « c'est une observation dont nous ferons dans la « suite des usages qui valent peut-être bien celui « de convertir le fer en acier.

« Mais une seconde observation, que la précédente rendra encore plus singulière, c'est « que le plâtre qui n'est lui-même que la chaux « d'une espèce de pierre tendre, et dont on aurait dû attendre des effets assez semblables à « ceux de la chaux ordinaire, en a produit de « très différens. A la vérité, il n'a point changé « le fer en acier; mais qui aurait soupçonné que « ce fût un des fondans du fer des plus efficaces?

« Quand j'ai donné au creuset, où j'avais mis du « plâtre, une chaleur aussi violente qu'aux autres « creusets, j'ai trouvé les barreaux de fer réduits « en une masse ronde ou un peu aplatie, en un « mot, dans une masse qui s'était moulée sur le « fond du creuset. Quand la chaleur a été moins « vive, que le fer n'a pas été mis en fusion, il a « été tout divisé en écailles qui se séparaient pour « peu qu'on les touchât; il restait seulement au « centre de chaque barreau quelques filets d'un « fer fort doux; mais les écailles étaient friables, « comme sont toutes les écailles de fer. J'ai quel-« quefois couvert les creusets, où j'avais mis du « plâtre, lorsque ce fer commençait à s'échauf-« fer, j'ai vu un phénomène singulier; le plâtre « rejaillissait par bouillonnemens hors du creuset « comme l'eût fait une liqueur, mais beaucoup « plus haut. C'étaient de vrais bouillons, de « vrais jets d'une poudre fine, car le plâtre était « resté en poudre comme il y avait été mis; aussi « les creusets où j'ai mis du plâtre ont presque « toujours été brisés avant d'avoir soutenu une « grande chaleur. Après cette expérience, j'ai « tenté si la chaux ordinaire et la chaux d'os « n'aideraient point de même à la fusion du fer, « et il ne m'a pas paru qu'elles la facilitassent.

« Le fer qui avait été entouré de sable, tel « que celui de Fontenai-aux-Roses, fort estimé « des fondeurs de Paris, ce fer, après avoir été « tiré du creuset, n'en parut que plus doux; il « n'eut son ancienne dureté qu'après qu'il eut « été trempé dans l'eau froide. Cette expérience « apprend que les forgerons peuvent hardiment « jeter des sables de la nature du précédent sur « le fer qu'ils veulent empêcher de se brûler dans

« la forge, qu'ils n'ont point à craindre qu'il en « devienne plus rebelle au marteau ou à la lime.

« Quoique le fer n'eût pris dans cette expé« rience aucune disposition à être acier, il est « pourtant à remarquer que dans celle-ci et dans « quelques autres, il s'y est fait une sorte de « changement, mais auquel le feu a, je crois, « la plus grande part; les barreaux de fer qui « étaient fibreux y perdirent leurs fibres, et les « barreaux de fer qui étaient composés de lames « se trouvèrent ensuite avoir des lames plus pe« tites.

« Les morceaux de fer qui ont été enveloppés « de terre à potier, ou glaise molle qui avait été « moulée sur leur figure, sont aussi restés pur « fer. Ils ont paru cependant résister plus à la « lime que ceux qui avaient été mis dans les « autres compositions.

« Les cendres lessivées firent au plus autant « d'effet que la terre à potier.

« Le verre approche assez de la nature des « sables, il a à la vérité plus de sels qui le ren« dent plus fusible; mais il garde ceux dont il « s'est saisi. Le fer de quelques creusets était en« touré de verre pilé qui avait été passé par un « tamis très fin. Ce fer a pris quelque dureté sans « devenir acier en aucune façon. Ce que cette « expérience a offert de remarquable, c'est que « les barreaux qui avaient été mis dans les creu« sets, noirâtres, sales, peut-être un peu rouil« lés, en sortirent très blancs; l'acier qui se « découvre le mieux n'est pas si blanc dans les « endroits où il a été trempé le plus chaud. Le « verre s'était fondu, il avait mouillé et, pour « ainsi dire, lavé les morceaux de fer; il en avait

« emporté toute la crasse sans en enlever d'é-
« cailles, au moins le volume du fer n'était-il
« pas diminué sensiblement. Plusieurs arts de-
« mandent un fer parfaitement décrassé; on *dé-*
« *cape* ou décrasse dans des eaux aigres les feuilles
« de fer qu'on veut étamer; peut-être y a-t-il des
« circonstances où on pourrait substituer à ces
« eaux l'expédient qui nous fournit l'expérience
« précédente; s'il réussissait, il épargnerait un
« long et fatigant travail, comme l'apprend
« l'art d'étamer le fer ou de faire le fer-blanc en
« feuilles.

« Mais le résultat des expériences précédentes,
« qui regarde notre objet présent, c'est que le
« fer ne saurait être converti en acier par la seule
« chaleur du feu, et que cette chaleur ne trouve
« pas des secours suffisans dans les matières in-
« sipides, trop terreuses, trop dénuées d'huile
« ou de sels; que ces matières terreuses ne sont
« pas elles-mêmes propres à avancer la conver-
« sion du fer en acier.

« Les faiseurs de trempes en paquet vantent le
« suc de quelques plantes pour l'endurcissement
« du fer; plusieurs font surtout entrer beaucoup
« d'ail dans leurs compositions; jamais les sausses
« les plus piquantes n'ont été assaisonnées d'au-
« tant de sucs de cette plante que le furent des
« matières insipides dont j'enveloppais les fers
« de quelques creusets; mais cet assaisonnement
« n'a pas fait une composition fort active; elle
« n'a pas changé la condition du fer.

« J'ai essayé ensuite ce que pouvaient seuls sur
« le fer les graisses et les matières huileuses. J'ai
« abreuvé copieusement de différentes graisses,
« comme de suif ordinaire et de différentes huiles,

« surtout d'huile de lin, des terres et des chaux « que j'avais reconnu ci-devant incapables de « produire par elles-mêmes aucun effet. De ces « terres ou chaux abreuvées, j'ai fait des espèces « de pâtes dont j'ai enveloppé les fers de diffé- « rens creusets. J'ai reconnu par ces expériences « que les huiles seules n'étaient pas en état d'agir « sur le fer pour le convertir en acier. Il arrive « à la vérité que ces huiles sont plus tôt brûlées « qu'on ne voudrait; mais quoique, pour les « empêcher de se brûler vite, j'aie souvent luté « les creusets avec grand soin, je n'ai pas vu « qu'elles aient produit de changement dans le « fer par rapport à l'acier.

« J'ai de même éprouvé l'effet des sels, soit « en n'entourant que de sels de différentes es- « pèces des lames de fer, soit en mêlant une « quantité considérable de ces sels avec des ma- « tières terreuses et insipides. Ces expériences « m'ont encore appris que les sels seuls ne pou- « vaient donner au fer aucune disposition à être « acier; tout ce qu'ils ont fait a été de couper les « fibres du fer doux sans le mettre en état de « prendre des grains et de la dureté par la « trempe.

« Mais j'ai vu que cet effet, qui ne pouvait « être produit, ni par le feu seul, ni par les « huiles ou graisses seules, ni par les sels seuls, « le pouvait être par des huiles et des sels mêlés « en certaines proportions. On sait que le savon « n'est précisément qu'une huile épaissie par des « sels alcalis jusques à devenir un corps solide. « J'ai mêlé du savon en différentes doses avec « des matières purement terreuses; le fer qui a « été entouré par ce mélange a été changé en

« acier à moitié ; je veux dire que la partie inférieure des barreaux a pris les qualités de l'acier, pendant que les parties supérieures sont « restées fer ; si la conversion n'a pas été faite en « entier, ce n'est pas par le défaut d'activité du « savon, mais parce que s'étant fondu il n'a pu « agir que sur le fer qui y était. Le fer qui avait « changé de nature était à la vérité de fort mauvais acier ; mais tel qu'il était il prouvait du « moins que c'est du mélange des parties huileuses et des parties salines qu'il faut attendre « la conversion du fer en acier.

« J'ai donc passé ensuite à essayer des matières « chargées naturellement d'huiles, de sels ; j'ai « d'abord essayé ces matières seules, sans aucun « mélange. J'ai mis dans quelques uns de mes « creusets des charbons de bois réduits en poudre ; dans d'autres du charbon de terre ; dans « d'autres de la suie, tantôt telle qu'on la tire « des cheminées, tantôt après l'avoir fait brûler ; « dans d'autres de la corne assez brûlée pour « être réduite en charbon, et non en cendre ; je « la faisais piler et ensuite passer par un tamis. « Dans d'autres creusets, j'ai mis de la savate « brûlée au même point que la corne et préparée « de la même manière. J'ai aussi essayé des « fientes de divers animaux, comme celles de « chevaux, de poules, de pigeons, soit sans les « faire brûler, soit après les avoir fait brûler. « J'ai trouvé que chacune de ces matières avait « la force de changer le fer en acier, ce qu'on « devait attendre des parties huileuses et salines « dont elles sont imprégnées. Mais toutes ces « matières ne sont pas également efficaces. Le « charbon de bois, la suie, la savate brûlée

« peuvent seules changer le fer en aciers fins et « durs, mais qui sont pour l'ordinaire difficiles « à travailler; qui, après avoir été forgés, res- « tent pleins de fentes et de gerçures. D'ailleurs « ils demandent un feu un peu long; l'effet de « la suie et celui de la savate sont pourtant plus « prompts que celui du charbon. La corne, si « vantée par les faiseurs d'acier, ne m'a paru « avoir aucun avantage sur la suie, elle a même « produit beaucoup moins d'effet. La cendre ne « rend pas le fer difficile à travailler, mais elle « le rend très peu acier, elle en fait au plus un « acier très grossier qui ne mérite pas le nom « d'acier. La fiente de pigeon donne des aciers « fins, mais intraitables, c'est-à-dire des aciers « qui, lorsqu'on les forge à chaud, s'en vont par « parcelles sous les coups du marteau. La fiente « de cheval et la fiente de poule n'ont guère fait « plus qu'une cendre ordinaire. Le charbon de « terre, qui avait été pilé et passé, a produit un « effet très prompt, et a beaucoup diminué le « volume du fer, il l'a rongé, il en a fait un acier « dur, fin, mais intraitable.

« Le résultat général de ces dernières expé- « riences me parut être que plusieurs des ma- « tières ci-dessus pouvaient entrer dans les com- « positions propres à convertir le fer en acier; « qu'il fallait en retrancher quelques unes ou « modérer leur effet, telles sont celles qui ren- « dent l'acier intraitable; qu'il fallait au con- « traire chercher à animer l'activité de celles qui « semblent agir trop faiblement ou trop lente- « ment, et pour cela éprouver si l'addition de « certains sels ne les mettrait pas en état d'agir « plus efficacement.

« J'ai donc cherché quels secours on pourrait « donner à ces matières, j'ai taché de découvrir « de quels sels on les devait attendre. Plus les « expériences sont composées, et plus il est dif- « ficile de prononcer sur leur cause et même sur « leur succès. Aussi était-il plus difficile de dé- « cider sur l'effet de chaque sel que sur celui des « autres matières que j'avais tentées. Les sels, « comme nous l'avons vu ci-devant, n'opèrent « rien par rapport à la conversion du fer en « acier, quand ils sont seuls ou mêlés avec des « matières trop terreuses; d'autres expériences « avaient montré jusqu'où va l'effet du charbon « seul; je l'ai pris pour base et j'ai essayé ce « qu'il ferait de plus selon la différente espèce « de sel avec laquelle il aurait été combiné : c'est « ainsi que j'ai cru devoir éprouver d'abord l'ef- « fet des différentes sortes de sels. J'ai pris un « poids égal de chacun, je l'ai mêlé avec un poids « de charbon beaucoup plus grand que celui du « sel, mais égal dans chaque creuset, et qui « partout entourait un morceau de fer égal. J'ai « fait ensuite de pareils essais sur les mêmes sels « en leur donnant pour base, pour intermède, « un mélange de suie, de cendre et de charbon « dont nous déterminerons ailleurs les propor- « tions

« Les effets des sels, éprouvés de ces deux « différentes manières, m'ont semblé être à peu « près les mêmes, et voici ce que j'ai pu tirer de « plus essentiel de ces expériences répétées di- « verses fois.

« Il m'a paru que les alcalis fixes accéléraient « la conversion du fer en acier, mais qu'ils le « rendaient presque toujours un acier difficile à

« forger, plein de gerçures, qui ne se laissait pas « souder ni corroyer. C'est ce que j'ai vu lorsque « j'ai employé différentes soudes, comme celle de « Carthagène, d'Alicante, des potasses, etc. Le « natron d'Égypte, qui paraît tenir aussi des « sels alcalis, et que quelques chimistes donnent « pour exemple des alcalis qui ne sont pas l'ou- « vrage de l'artiste, le natron d'Égypte, dis-je, « m'a de même donné un acier difficile à forger.

« D'autres sels m'ont paru plutôt arrêter qu'ai- « der l'effet du charbon : tel a été le borax. J'ai « douté aussi si l'alun et le vitriol vert avaient « contribué de quelque chose à avancer la con- « version du fer; je n'ai été sûr qu'ils aient opéré « quelque chose, qu'après les avoir employés en « dose considérablement plus forte que les autres « sels.

« Un effet plus singulier de quelques sels, « c'est que l'acier qui a été leur ouvrage n'a pas « été un acier durable; l'acier qui, après avoir « été forgé et trempé une fois, avait un grain « beau et fin, forgé et trempé une seconde fois, « n'avait plus, ou presque plus de grain. Cet « effet singulier n'a pas pourtant été produit « constamment par les mêmes sels; je veux dire « que quand j'ai voulu refaire, avec ces sels, des « aciers peu durables, je n'y ai pas toujours « réussi. Les sels qui m'ont donné quelquefois « des aciers si peu fixes, ne sont pas de même « nature, ce qui rend ce phénomène plus diffi- « cile à expliquer; ce sont le sel ammoniac, le « sel appelé *sel de verre*, le vitriol, le salpêtre « concentré par le tartre, ou le sel qu'on trouve « après avoir fait brûler deux parties de tartre « et une de salpêtre mêlées ensemble. Ce der-

« nier sel, comme tous les sels alcalis, a produit « un acier difficile à mettre en œuvre.

« On a reproché aux aciers faits de fer forgé « de perdre de leur finesse à mesure qu'on les « travaille, mais ce n'est pas un défaut qui leur « soit général, il est propre à ceux qui doivent « partie de leur transformation à des sels ana- « logues à ceux dont nous venons de parler. Les « aciers de fer forgé se soutiennent à peu près « comme ceux qui sont tirés immédiatement des « fontes, quand ils ont été faits avec les ingré- « diens convenables.

« Enfin, la conclusion la plus importante que « j'ai tirée des expériences sur les sels, c'est « qu'elles ont démontré que de tous les sels, le « plus propre à changer le fer en un acier fin, « dur, aisé à forger, qui ne s'affaiblit point pour « être forgé, est le sel marin; le sel gemme et le « sel tiré des chaudières où l'on raffine le sal- « pêtre, quoique de même nature, ne m'ont même « jamais si bien réussi que le sel tiré des eaux de « la mer; ce n'est pas que je croie qu'on ne puisse « substituer le sel tiré des mines ou du salpêtre au « sel tiré des eaux de la mer; mais je rapporte « scrupuleusement ce qui m'a paru, quand je dis « que le sel marin m'a mieux réussi.

« Pour avoir des expériences plus complètes « sur les sels, après avoir essayé l'effet des sels « secs, j'ai voulu faire quelques tentatives avec « des sels fluides, des esprits de sels. J'ai imbibé « d'eau-forte le charbon dont je voulais remplir « un creuset, jusqu'à ce qu'il fût réduit en une « pâte molle; le fer, enveloppé de cette pâte, « est devenu un acier qui n'a duré que jusqu'a- « près la première trempe; forgé et trempé une

« seconde fois, il est redevenu fer. Si nous ne « nous étions interdit tout raisonnement dans « cette première partie, cette expérience nous « donnerait occasion d'expliquer pourquoi les « aciers faits par certains sels ne sont pas du- « rables, comme ils le seraient s'ils étaient faits « avec le seul charbon. Je n'ai pas cru devoir « pousser plus loin les expériences sur les esprits « des sels; il ne serait pas commode, dans la « pratique, d'être obligé d'y avoir recours, la « dépense en pourrait être trop augmentée; il est « à craindre que l'acier qui serait l'ouvrage d'es- « prits, quels qu'ils fussent, ne se soutînt pas au « feu comme ceux qui sont faits par des sels secs; « d'ailleurs l'évaporation des esprits, renfermés « dans les creusets, serait très considérable.

« Outre les sels, j'ai cru devoir tenter si on « n'emploierait point avec succès diverses ma- « tières minérales, qui sont de grands fondans du « fer, et qui par conséquent pourraient être soup- « çonnées propres à changer sa tissure; quel- « ques unes même de ces matières sont indiquées « comme excellentes pour certaines trempes. Tels « sont l'antimoine, l'arsenic, le soufre commun « et le vert-de-gris. Mais de quelque façon que « les trois premières matières aient été combi- « nées, j'ai trouvé qu'elles n'étaient bonnes qu'à « gâter le fer ou l'acier; pour le vert-de-gris, « employé en petite quantité comme les sels, il « ne m'a pas paru produire d'aussi mauvais effets « qu'on en aurait pu attendre, il n'a pas empêché « l'acier de se souder, ce qui est bien contraire « au préjugé des ouvriers, qui croient que tout « ce qui tient un peu du cuivre rend le fer in- « traitable.

« La tissure du fer qui avait été entouré de

« charbon pilé, mêlé avec de l'antimoine, a été « changée, mais sans devenir celle de l'acier. Il « n'avait plus ni lames brillantes, ni fibres comme « les fers ordinaires, ni grains comme l'acier; « les molécules avaient pris une figure moyenne, « elles étaient plus aplaties que les grains d'acier, « et plus relevées que les lames du fer, elles étaient « ternes, au lieu que les lames du fer sont bril- « lantes.

« Le soufre commun, employé en même dose « et avec même dose de charbon que les matières « précédentes, a changé un fer doux en un fer « intraitable, et a empêché le charbon de le « rendre acier. Mais lorsque j'ai mêlé la même « quantité de charbon avec un poids d'acide de « soufre égal à celui du soufre que j'avais fait « entrer dans l'autre mélange, le fer n'a pas laissé « de se changer en acier grossier, et qui se sou- « dait difficilement.

« Après avoir éprouvé toutes les matières que « j'ai imaginées capables d'agir sur le fer; après « avoir reconnu celles qui étaient entièrement à « rejeter et celles qui pouvaient être employées « avec quelque succès, il restait à essayer quel « effet produiraient les matières efficaces diffé- « remment combinées ensemble et en différentes « proportions; laquelle de ces combinaisons était « la plus heureuse; et au moyen de toutes ces ten- « tatives, il n'y avait guère d'apparence que les « plus avantageuses des compositions pour con- « vertir le fer en acier m'échappassent. A la « vérité, le nombre des combinaisons qui se « présentaient était grand, mais il n'était pas « aussi immense qu'il le pourrait paraître. On « n'est pas obligé d'avancer par des différences « presque insensibles quand on veut produire des

« effets sensibles : les précisions physiques ont « d'assez grandes latitudes.

« Après, dis-je, toutes ces expériences, les « compositions qui m'ont paru les meilleures ne « demandent que du charbon pilé, de la cendre, « de la suie de cheminée, et du sel marin. Mais « de ces matières mélangées en différentes pro- « portions, on peut faire différentes composi- « tions, dont celle que je regarde comme la plus « propre à changer le fer en acier très fin et « très dur, consiste en 2 parties de suie, 1 partie « de charbon pilé, 1 partie de cendre et $\frac{3}{4}$ de « partie ou quelque chose de moins de sel marin, « c'est-à-dire que si on emploie 16 livres de suie, « on en emploiera 8 de charbon, 8 de cendre, « et 6 livres, ou seulement 5 livres de sel marin.

« Je donne à cette composition la préférence, « lorsqu'on a à convertir en acier les fers qui y « sont les plus propres ; une autre partie de notre « art apprendra les caractères de ces fers ; mais « cette même composition n'est pas celle qui con- « vient le mieux à certains fers, elle en ferait « des aciers trop difficiles à forger, qui auraient « peine à se laisser souder ou corroyer, et qui, « après avoir été travaillés, resteraient galeux. « Ces sortes de fer demandent une composition « moins active ; voici celle qu'on leur doit don- « ner : Prenez 2 parties de cendre, 1 partie de « suie, 1 partie de charbon, et $\frac{3}{4}$ de partie de « sel marin ou environ, comme dans la première.

« Cette dernière composition peut, comme la « première, être employée avec succès sur les « fers les plus propres à devenir acier ; elle les « convertit comme l'autre en bons aciers ; mais « elle agit plus lentement ; quand on se sert de

« cette composition, l'opération n'est finie qu'a-« près une durée du même feu beaucoup plus « longue, et cette raison seule mériterait la pré-« férence à la première composition, à qui elle « est peut-être due encore, parce qu'elle donne « quelques degrés de finesse de plus à l'acier.

« On verra même dans la suite qu'on peut tou-« jours hardiment l'employer sur diverses sortes « de fers, qu'elle change néanmoins en aciers « un peu difficiles à traiter, et cela, parce que « nous donnerons des remèdes pour corriger les « mauvais effets qu'elle aurait pu produire, et « ces remèdes ne coûteront guère en temps et en « charbon, que ce que demande de plus la com-« position. On prescrit au moins des doses dont « on ne permet pas de s'écarter, c'est à quoi ne « manquent guère les donneurs de secrets; nous « les imiterions, et nous n'en avons nulle envie, « si nous manquions d'avertir qu'entre les deux « compositions que nous venons d'enseigner, il « y en a une infinité de moyennes dont on peut « se servir avec succès. Nous n'avons déterminé « si précisément les doses des deux précédentes « que parce qu'il faut donner à la plupart des ou-« vriers quelque chose de fixe, à quoi ils puissent « se tenir; mais ce que nous pouvons et devons « assurer, c'est que les doses de ces deux compo-« sitions apprennent les limites entre lesquelles « il est à propos de se renfermer; on ne sau-« rait s'en écarter beaucoup sans courir risque « de faire de l'acier trop grossier, et qui de-« manderait une opération trop longue : si, « par exemple, on diminuait dans la première « composition la dose de la cendre, ou qu'on « voulût l'en exclure entièrement, il serait

« très rare de trouver des fers qu'elle chan-
« geât en aciers aisés à travailler. Si, au con-
« traire, on augmentait trop la quantité de la
« cendre, qu'on lui donnât à elle seule trois des
« parties de la composition, et qu'on divisât la
« partie restante entre le charbon et la suie, il
« faudrait un feu beaucoup plus long pour ren-
« dre le fer acier, employer une beaucoup plus
« grande quantité de composition, et souvent on
« n'aurait que de l'acier grossier. Mais lorsqu'on
« prendra des termes moyens entre les deux li-
« mites que nous avons assignées, on pourra le
« faire sans inconvénient. Par exemple, un tiers
« de suie, un tiers de cendre, et un tiers de
« charbon, avec la dose de sel de l'une des com-
« positions, feront un mélange qui réussira. Mais
« si on a du fer qui ait toutes les qualités requi-
« ses pour devenir de bon acier, la première
« composition vaut mieux, par les raisons que
« nous en avons indiquées; et si on a un fer à
« qui quelques unes de ces qualités manquent,
« il est plus sûr de se servir de la seconde que
« de l'autre. En voilà assez pour conduire dans
« la pratique; nous ajouterons seulement pour
« règle, que plus il y a de matières huileuses
« dans la composition, et plus il y a de risque
« de faire un acier gerceux, difficile à forger, et
« plus aussi l'acier se fait promptement; c'est la
« suie et le charbon qui contiennent principale-
« ment des matières huileuses; on en diminue
« donc la quantité quand on affaiblit la dose de
« ces deux matières et qu'on augmente celle de
« la cendre, qui est principalement employée
« pour modérer l'effet des deux autres; elle agit
« aussi par les sels alcalis, mais elle n'en a pas

Digitized by Google

« assez pour qu'ils puissent produire le mauvais
« effet dont nous avons parlé dans nos remar-
« ques sur l'action des différens sels.

« Pour me convaincre encore davantage de ce « mauvais effet d'une trop grande quantité de « parties huileuses, j'ai abreuvé d'huile de lin « les matières de la première composition; l'acier « a été rendu très difficile à forger dans les cir- « constances où il ne l'eût pas été si la composi- « tion n'eût pas eu cette addition d'huile.

« La dose de sel marin que nous avons déter- « minée n'est pas non plus si essentielle qu'elle « ne puisse être variée; on pourrait même abso- « lument l'exclure, mais l'opération serait plus « lente; le sel contribue fort à l'accélérer, et con- « tribue à la dureté et à la finesse de l'acier. Si on « excluait le sel marin, il faudrait une plus grande « quantité de composition par rapport à la même « quantité de fer. On peut aussi augmenter cette « dose; mais augmentée jusqu'à un certain point, « elle est nuisible; si on la double, par exemple, « il y a à craindre de rendre l'acier gerceux; soit « que ce sel fasse cet effet par lui-même, soit « qu'il donne plus de facilité aux parties huileuses « de s'introduire dans le fer: cependant l'augmen- « tation du sel marin ne m'a jamais paru produire « de si mauvais effets que l'augmentation des ma- « tières huileuses.

« J'ai mis dans un creuset du charbon pilé tout « seul, c'est-à-dire sans sel et sans autre matière, « mais en grande quantité par rapport au poids « du fer. Ce fer a été changé en acier fin, mais « ce n'a été qu'après un temps presque double « de celui qu'il eût fallu à la première composi- « tion pour opérer le même effet, et cet acier

« après avoir été forgé, était plein de gerçures.
« Quand j'ai voulu faire entrer dans mes com-
« positions des matières insipides ou presque
« insipides, comme de la terre à potier, du sable,
« de la chaux, j'ai arrêté ou affaibli l'effet des
« matières actives, selon que j'ai donné des doses
« plus fortes ou plus faibles des insipides. C'est
« aussi l'effet qu'on devait attendre. Si pourtant
« on avait à convertir en acier des fers qui ont
« trop de disposition à devenir des aciers difficiles
« à forger, on pourrait en rendre quelques uns
« des aciers traitables, en modérant l'effet des
« matières actives par quelque matière absor-
« bante. Qu'à notre composition faible, savoir de
« deux parties de cendres, d'une partie de char-
« bon, d'une partie de suie, et trois quarts de
« partie de sel, qu'à cette composition, dis-je, on
« ajoute une partie de chaux ordinaire, ou pour
« le mieux encore une partie de chaux d'os, c'est-
« à-dire une partie d'os brûlés et réduits en cendre.
« Il y a des fers que, par toute autre composition,
« je n'avais pu changer qu'en des aciers qui ne
« pouvaient soutenir le marteau, qui par celle-ci
« sont devenus des aciers aisés à forger. On peut
« même pousser plus loin la dose des matières
« insipides. J'ai fait quelquefois convertir du fer
« en acier après avoir mêlé deux parties de chaux
« d'os avec une partie de cendre, une de char-
« bon, une de suie, et la dose de sel ordinaire.
« Mais, après tout, il vaut mieux ne point cher-
« cher à changer en acier les fers qui demandent
« qu'on introduise ces correctifs dans les compo-
« sitions; si on y en introduit trop, ils arrêtent
« totalement le succès de l'opération. J'ai, par
« exemple, essayé un procédé rapporté dans un

« livre à secrets qui concerne les arts, imprimé « à Paris, chez Jombert, en 1716, tome 1, « page 12, qui ne m'a pas réussi; et cela, je crois, « parce qu'on y met une dose de chaux vive trop « forte par rapport au reste. Ce procédé veut « qu'on prenne une partie de suie, trois quarts « de partie de cendre de bois de chêne, un quart « de partie d'œufs broyés; qu'on fasse bouillir le « tout dans douze parties d'eau jusqu'à ce que ces « douces parties soient réduites à quatre; qu'on « y trempe les billes de fer et qu'on les stratifie; « on arrange par lits séparés par la composition « faite de trois parties de charbon, trois de chaux « vive, une de suie et un quart de sel décrépité. « Ce beau procédé a laissé mon fer très doux, ce « que j'ai attribué à la trop grande quantité de « chaux vive.

« J'ai quelquefois ajouté un huitième de partie « de chaux dans mes compositions ordinaires : en « si petite dose elle n'y a pas fait de mal; elle a « même produit un bon effet, qui a été de dimi- « nuer certaines boursouflures, dont nous par- « lerons ci-après, qui s'élèvent quelquefois sur « la surface du fer. Une dose de plâtre plus faible « que celle de la chaux, c'est-à-dire environ un « douzième de partie, est encore plus efficace « pour les arrêter.

« Le verre pilé, que quelques uns font entrer « dans leurs compositions, n'a guère aussi d'usage « que de diminuer ces boursouflures, mais il ne « fait pas mieux que la chaux et le plâtre, et ce « serait un embarras dans les manufactures que « de recouvrer assez de verre pour le piler. D'ail- « leurs, le mal auquel il remédie est si léger, que « c'est un mal dont on ne doit nullement s'in-

« quiéter ; il faut surtout avoir en vue, dans des « établissemens en grand, de n'employer que des « matières aisées à avoir.

« Le même livre, dont nous venons de parler « ci-dessus, enseigne, page 81, une autre com- « position, d'un des ingrédiens de laquelle il se- « rait, par exemple, difficile de se fournir pour « le travail en grand : elle consiste en douze par- « ties de charbon de hêtre éteint dans l'urine, dix « parties de corne, trois parties de cendre de « bois neuf, trois parties de poudre d'écorce de « grenade. Où des manufactures feraient-elles « leur provision de cette dernière poudre, que « d'ailleurs je crois ici plus nuisible qu'utile ?

« Mais, pour revenir aux deux compositions à « qui nous avons cru devoir donner la préfé- « rence, elles ne demandent heureusement que « des drogues faciles à recouvrer partout, et qui, « si on en excepte le sel marin, sont partout à « bon marché; les préparatifs qu'elles veulent « n'engagent pas aussi à de grands frais. Pour la « suie, tout se réduit à la faire passer par un gros « sas, ou une espèce de crible; si on la réduit en « partiesfines, tout pourtant n'en sera que mieux ; « il n'est point du tout nécessaire de la faire brû- « ler, ce que j'ai reconnu après l'avoir employée « brûlée, et non brûlée. A l'égard de la cendre, « malgré tout ce qu'on a dit sur le choix qu'on en « devait faire, pourvu qu'elle soit de bois neuf, « de quelque espèce que soit le bois, je l'ai tou- « jours trouvée bonne ; on la passe par un tamis « médiocrement fin ; on passe le charbon par un « pareil tamis, après l'avoir réduit en poudre « par le moyen d'un pilon. Tout charbon peut « être employé, quoique celui de chêne soit un

Digitized by Google

« peu plus actif. Le charbon de bois blanc ne « m'a pas paru réussir d'une manière différente « sensiblement. Le charbon de hêtre, moyen « entre celui de chêne et celui de bois blanc, « mérite peut-être d'être préféré; mais, à parler « naturellement, ce sont des différences difficiles « à démêler par les expériences les plus exactes, « et des différences si légères importent peu dans « la pratique. »

De toutes ces observations il résulte qu'en plaçant des barres de fer pur dans du charbon en poudre ou avec le cément suivant, par couches stratifiées,

Suie................	0,8 ou	0,4
Charbon de bois.....	0,4	0,4
Cendres.............	0,4	0,8
Sel marin...........	0,3	0,3
	1,9	1,9

on obtient l'acier de cémentation; que chaque ouvrier a son cément particulier (c'est ainsi que beaucoup de personnes préfèrent le charbon animal au charbon de bois); que d'autres emploient le carbure de fer; que certaines usines humectent légèrement le charbon pour aider à la stratification, tandis que nombre d'établissemens proscrivent cet usage, comme très nuisible à la cémentation.

Quoi qu'il en soit, le fer et le charbon doivent être protégés contre l'oxigène, et la fusion doit être évitée. C'est pour cela qu'on stratifie dans des caisses de tôle, de fonte, de grès ou de briques, placées dans des fourneaux de cémentation, et disposées de manière que la cha-

Digitized by Google

leur les pénètre de toutes parts jusqu'à ce que le charbon ait pénétré toute la masse du métal.

Les fourneaux de cémentation sont carrés, et se terminent par une voûte surbaissée. Les caisses placées dans l'intérieur sont posées sur des supports pour que la flamme passe par-dessous, et le vent est fourni par des ouvertures latérales ménagées au niveau de la sole. Les caisses sont entourées de toutes parts de combustible, et le tirage est favorisé ou retardé à l'aide de registres établis à la cheminée.

Les caisses en fer s'oxident facilement à une haute température; celles en fonte changent de nature. On préfère, en beaucoup d'endroits, employer les briques ou l'argile à leur confection; en Angleterre, on les fait en grès réfractaire. Lorsqu'on emploie l'argile, il faut avoir soin d'y mêler une certaine quantité de sable quartzeux pur; cette addition diminue le retrait de l'argile et empêche qu'elle ne se fende dans les températures élevées.

On doit tenir compte, dans la cémentation, de l'allongement du fer en passant de la température ordinaire à la chaleur blanche : une barre de 56 pouces, par exemple, en aura 57 de longueur à cette température. La caisse destinée à renfermer des lames de cette dimension devra donc avoir 60 pouces environ. D'un autre côté, si l'on poussait trop loin cette précaution, on laisserait trop d'espace vide et on nuirait à l'opération.

La première condition de la cémentation, c'est que le fer soit aussi pur que possible, à moins qu'il ne provienne de minerais manganésifères. Le fer affiné au charbon de bois est préférable à

celui obtenu à la houille, parce qu'il est moins chargé de silice; de même que, dans la fabrication de l'acier naturel, la fonte obtenue au coke mériterait la préférence, si elle n'était presque toujours sur-carburée, et n'exigeait conséquemment une opération plus longue et plus onéreuse.

Le charbon est mauvais conducteur du calorique; il ne faut pas, d'après cela, que les couches charbonneuses soient trop épaisses, parce qu'elles retarderaient la cémentation. On leur donne ordinairement 6 à 9 lignes, et l'on aurait tort de donner à la masse des couches une trop grande épaisseur; car il faudrait alors élever la température à un haut degré, afin que le milieu fût convenablement échauffé; mais il arriverait, dans ce cas, que la qualité de l'acier le plus proche des parois de la caisse serait altérée, et ne répondrait nullement à celle de l'acier du centre. Cette observation doit varier avec la grosseur des barres; car plus le fer est épais, et plus le calorique se propage avec facilité.

La température du fourneau de cémentation est portée à 90 et même 100 degrés du pyromètre. On évite d'y arriver subitement; ce n'est que peu à peu et par degrés qu'on y parvient. Le feu doit être ensuite gouverné et entretenu à la même intensité jusqu'à la fin de l'opération. Les grands fourneaux demandent, en commençant, beaucoup de ménagement. Un feu trop faible consume une grande quantité de combustible; un chaleur trop forte met l'acier en fusion et ne produit que de la fonte très aigre : il faut au carbone un certain temps pour se répandre avec uniformité dans la masse.

A mesure que l'aciération avance, la masse

contenue dans la caisse s'affaisse, et si le couvercle est immobile, l'air remplit le vide qui se forme. Cet inconvénient est facile à éviter : il suffit pour cela de former ce couvercle de sable. Le fer se trouve alors protégé suffisamment contre l'oxidation.

Les barres qu'on retire des caisses sont boursouflées à la surface ; elles portent le nom d'*acier boursouflé*, et après qu'elles ont été étirées, elles prennent celui d'*acier poule*. Il est probable que les ampoules qu'on remarque dans cet acier ne sont dues qu'au mélange des scories et du fer, et sont provoquées par un dégagement d'acide carbonique.

Le fer augmente, dans cette opération, de $\frac{1}{200}$ à $\frac{1}{150}$ de son poids. En Angleterre, on compte sur $\frac{1}{400}$ d'augmentation avec un fer de bonne qualité.

L'acier cémenté est moins facile à forger et à souder que l'acier naturel ; il acquiert un grain plus fin par la trempe, et demande, pour cette opération, une température moins élevée ; il doit être blanc, sans bords ni tache noire après avoir été trempé.

On peut cémenter jusqu'à une certaine profondeur divers ustensiles employés dans les arts ; c'est ce qu'on appelle la *trempe en paquet*. Il suffit de les stratifier avec du cément dans des caisses de tôle, de les laisser s'aciérer le temps convenable, et de les plonger ensuite, à la chaleur rouge, dans de l'eau froide. La surface de ces objets se trouve aciérée, mais est presque toujours aigre, tandis que le noyau se conserve à l'état de fer. Cette méthode, fort ancienne, ne saurait être exacte, et il faut une grande habi-

tude pour la bien conduire. Voici un procédé plus nouveau, et qui remédie en partie aux vices de la trempe en paquet.

Supposons qu'il s'agisse d'aciérer des barres de fer jusqu'à la moitié de leur épaisseur : on disposera d'abord dans la caisse une couche convenable de cément, et l'on y enfoncera les barres jusqu'à la moitié de l'épaisseur qu'elles ont; puis on recouvrira ces barres d'une couche d'argile, qui pénétrera sur les côtés et entre elles, et protégera conséquemment l'autre moitié de l'action du carbone. Une seconde couche de barres de fer sera enfoncée dans l'argile et recouverte d'une épaisseur de cément, et l'on répétera ces couches autant qu'on le jugera à propos. Enfin on allumera, et on donnera la chaleur et le temps nécessaires pour opérer la cémentation.

On peut, au contraire, ramollir l'acier en suivant un procédé inverse; on l'enveloppe en tous sens d'une couche de limaille de fer de 6 à 9 lignes d'épaisseur: cette limaille doit être rouillée. Le tout est renfermé dans une caisse de tôle et luté hermétiquement; on la tient dans le fourneau le temps nécessaire pour la décarburation, qui dure ordinairement cinq à six heures; on recouvre de poussière de charbon pour éviter le contact de l'air atmosphérique, et on laisse éteindre le feu. S'il s'agissait de décarburer entièrement, il faudrait prolonger l'opération pendant trois à six jours.

Avant de terminer ce que nous avons à dire sur la cémentation de l'acier, qu'il nous soit permis de faire observer que l'assertion des métallurgistes qui prétendent que l'acier obtenu du fer doit exclusivement sa dureté à la présence du

silicium n'est pas encore bien admise. On cémente du fer dans du charbon animal qui contient seulement :

Carbone............	71,70
Azote..............	28,30
	100,00

Il est possible cependant que le silicium soit dû à la réduction de son oxide, renfermé presque toujours dans le fer le plus pur; et ce qui tendrait à le prouver, c'est que les analyses suivantes accordent toutes à l'acier une quantité assez considérable du métal terreux.

	Paris.	
Fer..............	99,360	98,830
Carbone..........	0,335	0,866
Silicium.........	0,305	0,304
	100,000	100,000

Vauquelin, dans ses analyses des aciers cémentés de Remmelsdorff, a constamment trouvé de 0,252 à 0,315 de silice.

CHAPITRE III.

De l'Acier fondu.

Nous le répétons encore : c'est à l'état de liquéfaction que les combinaisons deviennent intimes. L'acier de cémentation perd son carbone s'il est chauffé plusieurs fois, parce que ce carbone n'existe qu'à la surface; s'il est fondu, toute la masse se sature également, il devient homogène et d'une grande uniformité.

En 1750, l'Angleterre fit les premiers aciers

fondus avec l'acier cémenté. Depuis long-temps ces aciers étaient préparés dans les Indes; ce n'est que dans ces derniers temps que nous sommes parvenus à les faire en France.

On obtient *l'acier fondu* en fondant en vases clos de l'acier naturel ou de l'acier cémenté; il serait possible de les préparer en mettant en fusion de la fonte grise et du fer : Mushet l'a obtenu avec du fer et du minerai fondus ensemble en présence du charbon ou du graphite. Ces essais, bons d'ailleurs pour fortifier la théorie, ne sont guère applicables dans la pratique, car on possède un moyen bien plus simple d'obtenir l'acier fondu, et c'est par la fusion de l'un ou l'autre des deux aciers que nous avons mentionnés.

Il existe cependant une expérience bien propre à confondre toutes les idées sur la théorie de l'acier, c'est celle qui est due à Clouet; ce savant prétend avoir obtenu de l'acier fondu avec

3 parties de fer pur liquéfiées.
1 partie de carbonate de chaux.
1 partie d'argile calcinée (débris de creusets).

Comment l'acier a-t-il été produit? Est-ce par le moyen de l'acide carbonique, ou par celui du carbone qui se sera introduit pendant l'opération? Les théories chimiques repoussent la première supposition; il paraît, d'un autre côté, qu'il n'a pu s'introduire de carbone dans les creusets de Clouet. Sans nous arrêter à cette difficulté, qui exercera peut-être encore long-temps la sagacité des métallurgistes, nous nous contenterons de remarquer, avec M. Culman, qu'il existe beaucoup de métaux qui, alliés au fer,

lui donnent la propriété de se durcir par la trempe.

De même que dans l'acier cémenté, le silicium paraît jouer un grand rôle dans la production de l'acier fondu : on peut en juger par les analyses suivantes.

	Marshal.		Hontzmann.		De la Bérardière.	
	Brut.	Cémenté.	Brut.	Cémenté.	Brut.	Cémenté.
Fer....	98,925	98,915	99,435	99,445	99,360	99,360
Carbone.	0,520	0,545	0,330	0,340	0,325	0,335
Silicium.	0,550	0,540	0,235	0,215	0,315	0,305
	99,995	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000

On opère la fusion de l'acier dans des creusets semblables à ceux dont on se sert pour la refonte du fer cru. Le fourneau dans lequel ils sont placés doit avoir un tirage plus considérable que ceux des fonderies, parce que la fusion de l'acier exige une plus grande chaleur. Souvent on fait cette opération dans des fours à réverbère ; quelquefois on la met en pratique dans des fourneaux à vent. Dans tous les cas, il convient d'employer

le combustible qui donne le plus de chaleur; et, sous ce rapport, le coke est préférable à la houille, et celle-ci au charbon de bois.

La température nécessaire pour la fusion de l'acier se tient entre 130 et 138 degrés de Wedgwood; elle ne doit pas être atteinte du premier coup, mais elle sera élevée par degré jusqu'au maximum. On rechargera en combustible, si la fusibilité de l'acier et l'activité du tirage l'exigent, et on aura soin d'entretenir le métal à l'état de bain pendant quelques minutes, avant de procéder à la coulée; alors seulement le courant d'air sera intercepté.

Les creusets employés à l'aciération ne doivent pas se gercer; ils doivent supporter une forte chaleur et passer facilement d'une température élevée à une chaleur basse. Les creusets de graphite remplissent fort bien ces conditions, mais ils sont fort chers; il faut donc se servir de creusets d'argile réfractaire, à laquelle on ajoute du sable, et qu'on fait cuire avec soin. Les Anglais emploient des creusets d'Ypse en Allemagne.

Les creusets ne contiennent guère plus de 20 à 25 kilogrammes chacun. Les fourneaux ne peuvent recevoir qu'un seul creuset à la fois, parce qu'il faut couvrir de combustible et concentrer la chaleur autant que possible.

On entoure le métal d'un flux qui est tellement composé, qu'il ne puisse enlever de carbone à l'acier, ni lui donner de substance étrangère. Autrefois on faisait un grand secret de la composition de ce flux; mais aujourd'hui il est évident que le meilleur consiste en du verre pilé et un peu de borax. Le flux, d'ailleurs, ne sert qu'à protéger l'acier contre les influences exté-

rieures, et on peut fort bien s'en passer si le creuset est hermétiquement fermé et luté.

Il ne faudrait pas croire cependant que les élémens du verre pussent produire le même effet. Cette observation est due à Clouet; mais l'explication qu'a essayé d'en donner Karsten ne nous paraît pas satisfaisante : nous ne la reproduirons donc pas ici.

L'acier fondu, en Angleterre, est fabriqué avec les bouts des barres cémentées; ces bouts, plus fortement cémentés que le reste, sont très propres à la fabrication de l'acier fondu.

On a cru long-temps, et Karsten a partagé l'erreur générale, que l'*acier damassé* n'était autre chose qu'une étoffe composée par la réunion de lames de fer et d'acier, soudées ensemble. La surface moirée des sabres a dû, en effet, donner lieu à cette supposition, et nombre de métallurgistes se sont occupés de résoudre une question qui paraissait indécise.

Si l'on met l'étoffe d'acier en liquéfaction, le dessin damassé artificiellement disparaît aussitôt, tandis qu'il ne fait que changer de forme dans la fusion de l'acier d'Orient. La fragilité des lames de damas est d'ailleurs une preuve qu'elles ne sont pas dues au mélange du fer et de l'acier. MM. Stodart et Faraday, et M. Bréant, ont jeté beaucoup de lumière sur la fabrication de l'acier de Perse damassé; Austad Mohammed Ali a achevé de nous convaincre, en donnant la description suivante de la manière d'y faire l'acier. (1)

---

(1) *Journal de l'Institution royale de Londres*, t. VIII, p. 160.

On se sert de fer apporté des montagnes, mais dont on ne connaît pas le procédé de fabrication ; on forme un fourneau carré, de 4 pieds de côté et 6 à 7 de haut; les murs n'ont que 8 à 9 pouces d'épaisseur. A 16 pouces du sol, on place de champ des pierres plates croisées dans tous les sens, de manière à former une grille, au-dessous de laquelle on pratique un trou pour recevoir l'acier en fusion ; des barres de fer placées sur ces pierres reçoivent le combustible qui est un charbon très dur, très pesant et bien différent de celui de chêne. Au-dessus de la grille sont placés les soufflets qu'on fait aller à bras d'homme. Une fois le fourneau allumé, on ne fait plus qu'entretenir de combustible; le fer se carbure, fond, descend dans le creuset pratiqué exprès, et est coulé ensuite dans des lingotières. Le déchet d'une pareille opération, qui dure trois ou quatre jours, est de 33 pour 100 environ.

M. sir Henry de Bougival est parvenu à fabriquer de l'acier fondu damassé semblable en tout à l'acier des Orientaux, et qui se comporte de la même manière. M. Bréant a publié le résultat de ses recherches, et nous joignons ici un extrait du *Bulletin de la Société d'Encouragement* pour 1823, comme très propre à donner une idée de cette fabrication curieuse.

« Une longue série d'expériences, dit l'auteur, « entreprises pour éclaircir la question, m'a dé- « montré que la matière du damas oriental est « un acier fondu, plus chargé de carbone que « nos aciers d'Europe, et dans lequel, par l'effet « d'un refroidissement convenablement ménagé, « il s'est opéré une cristallisation de deux com-

« binaisons distinctes de fer et de carbone.

« Cette séparation est la condition essentielle, « car si la matière en fusion est subitement re- « froidie comme elle le serait dans une petite « lingotière, il n'y a pas de damassé apparent : « il n'est visible qu'à la loupe.

« La loi découverte par M. Berzélius, sui- « vant laquelle se combinent les corps qui ont « entre eux quelque affinité, explique d'une ma- « nière satisfaisante la propriété qui caractérise « l'acier des damas orientaux, de se moirer à la « surface lorsque, après l'avoir poli, on le sou- « met à l'action d'un acide très affaibli.

« Si les combinaisons des corps qui ont entre « eux de l'affinité, n'ont lieu qu'en proportions « fixes, tout ce qui excède cette proportion n'entre « pas en combinaison, mais se trouve seulement « mélangé : or, le fer et le carbone forment au « moins trois combinaisons distinctes. L'acier, « qui est à l'une des extrémités de la série, ne « contient qu'une très petite proportion de car- « bone (un centième); la plombagine, au con- « traire, contient douze à quinze fois plus de « carbone que de fer; les fontes blanche et noire « occupent l'espace intermédiaire.

« Supposons que dans la préparation de l'acier « on ne fasse pas entrer assez de carbone, il n'y « aura d'acier formé qu'en proportion de la « quantité de carbone combinée; le reste sera du « fer seulement mélangé : alors le refroidisse- « ment s'opérant lentement, les molécules d'acier « plus fusibles tendront à se réunir et à se sépa- « rer de la portion du fer. Cet alliage sera donc « susceptible de développer un damassé; mais ce « damassé sera blanc, peu prononcé, et le métal

« ne sera pas susceptible d'une grande dureté,
« parce qu'il sera mêlé de fer.

« Si la proportion du carbone est précisément « telle qu'elle doit être pour convertir en acier « la totalité du fer, il n'y aura qu'une seule es- « pèce de combinaison ; dès lors aucune sépara- « tion de composés distincts n'aura lieu pendant « le refroidissement : c'est ce qui, je le présume, « pourra servir à faire reconnaître la meilleure « proportion de carbone dans la fabrication de « l'espèce d'acier la plus propre au travail des « métaux.

« Mais si le carbone est un peu en excès, la to- « talité du fer sera d'abord convertie en acier; « ensuite le carbone resté libre dans le creuset se « combinera dans une nouvelle proportion avec « une partie de l'acier fondu déjà formé. Il y « aura deux composés distincts de l'acier pur et « de l'acier carburé ou de la fonte; ces deux « composés, d'abord mélangés indistinctement, « tendront à se séparer lorsque la matière liquide « restera en repos; alors il se formera une cris- « tallisation, dans laquelle les molécules des « deux composés se rangeront suivant leur affi- « nité respective ou leur degré de pesanteur.

« Que l'on trempe dans de l'eau acidulée une « lame faite avec de l'acier ainsi préparé, il « se développera un damassé très apparent, « dans lequel les parties d'acier pur seront noi- « res, et celles d'acier carburé resteront blanches, « parce que l'eau acidulée met plus difficilement « à nu le carbone de l'acier carburé.

« Le carbone irrégulièrement réparti dans le « métal et formant deux combinaisons distinctes, « est donc ce qui donne lieu au damassé; et l'on

« conçoit aisément que plus le refroidissement « est lent, plus les veines damassées doivent être « larges : c'est pour cette raison qu'il faut peut-« être éviter de fondre des masses trop considé-« rables, ou bien il faudra apporter quelque mo-« dification au procédé. A l'appui de mon opi-« nion, je crois devoir citer Tavernier qui, dans « son *Voyage en Perse*, a donné quelques ren-« seignemens qui nous font connaître la grosseur « des billes d'acier qui, de son temps, étaient « employées à la fabrication des lames damas-« sées.

« L'acier susceptible d'être damassé vient, dit-« il, du royaume de Golconde; il se trouve, « dans le commerce, en pains de la grosseur d'un « pain d'un sou. On les coupe en deux pour voir « s'ils sont de bonne qualité, et avec chacune des « deux moitiés on fait une lame de sabre.

« D'après ce récit, il est évident que cet acier « de Golconde était en culots comme le wootz, « et que les culots ne devaient pas peser plus de « 2 ou 3 kilogrammes.

« Tavernier ajoute que si, dans la trempe de « cet acier, on suivait les procédés d'Europe, il « se briserait comme du verre : on doit conclure « de là qu'il est très difficile à forger, et Réaumur « en a fait l'observation.

« Ce savant, ayant reçu du Caire des échan-« tillons d'acier indien, ne trouva personne, à « Paris, qui pût les forger. A ce sujet, il déclare « que ce doit être la faute de nos ouvriers, puis-« que les Orientaux parviennent à travailler cette « espèce d'acier.

« Comme le carbone a la principale influence « non seulement sur le damassé de l'acier, mais

« encore sur ses qualités intrinsèques, il est à « craindre que MM. Stodart et Faraday n'aient été « induits en erreur dans leur travail, ainsi que « je l'ai été moi-même long-temps, et qu'ils « n'aient attribué à des alliages métalliques des « effets dus plus particulièrement à une propor- « tion plus considérable de carbone.

« Je suis très éloigné de contester l'existence « des alliages métalliques dans les sabres orien- « taux, bien que, dans le peu de fragmens que « j'ai eu occasion d'analyser, je n'aie trouvé ni « argent, ni or, ni palladium, ni rhodium; il « me semble néanmoins très probable que diver- « ses combinaisons auront été tentées. En effet, « le même peuple qui était parvenu à durcir le « cuivre par des alliages, n'a-t-il pas dû, par « analogie, essayer le même procédé sur le fer?

« Cette façon de voir m'a conduit à former di- « vers alliages métalliques, dont quelques uns « m'ont donné des résultats satisfaisans. Une des « lames de sabre que j'ai présentées à l'exposition « contient un demi pour cent de platine et une « proportion plus considérable de carbone que « dans les aciers ordinaires; c'est à cet excès de « carbone qu'est particulièrement dû son da- « massé. D'excellens rasoirs ont été faits avec le « même alliage. »

CHAPITRE IV.

Des Aciers d'alliage.

MM. Stodart et Faraday ont les premiers donné l'éveil sur cette classe d'aciers, à l'occasion de leur analyse du wootz. Cette conquête de nos savans peut conduire à des découvertes d'une

haute importance dans les arts, mais elle a encore toute l'imperfection d'une invention nouvelle. Quelques uns de ces aciers ont déjà été sanctionnés par l'expérience et accueillis avec un grand succès; d'autres moins connus promettent d'être d'une certaine utilité, mais ils ont besoin de quelques années d'usage. Nous allons en donner une description rapide.

§. I.

De l'Acier à carbure de fer et aluminium ou silicium.

Il a la propriété de conserver son damassé après la fusion. Notre objet n'est pas de donner ici une description détaillée des procédés employés pour la fabrication de cet acier: nous serions obligé de dépasser les bornes d'un Manuel. On peut d'ailleurs consulter à cet égard le Mémoire de MM. Stodart et Faraday (1); on y trouvera, sur la nature et les propriétés de ce métal, des notions curieuses et des explications très satisfaisantes.

§. II.

De l'Acier argenté.

Il est composé d'une partie d'argent sur 500 d'acier; il est beaucoup plus dur que l'acier fondu; mais il se forge facilement, et on en peut faire d'excellens instrumens tranchans. L'alliage de l'argent et du fer rend celui-ci bien moins oxidable; il se durcit à la trempe et prend les propriétés de l'acier.

(1) *Annales des Mines*, t. v.

§. III.

De l'Acier rhodié.

Il est composé de 1 à 3 pour cent de rhodium, est préféré par les chimistes anglais à l'acier argenté dont la dureté est très grande. Les tranchans de cet acier exigent, pour être adoucis, une température de 40 degrés Farenheit au-dessus de celle nécessaire au meilleur wootz, c'est-à-dire 80 degrés Farenheit (29 degrés centig.) environ au-delà de ce qu'il faut au meilleur acier anglais.

§. IV.

De l'Acier platiné.

Cet alliage est beaucoup moins dur que l'alliage d'argent, mais il a plus de corps. MM. Stodart et Faraday le composent avec 1 à 3 pour cent de platine, ou mieux encore un et demi sur cent d'acier. Les aciers platinés damassés de M. Degrand-Gurgey sont connus dans toute l'Europe et vont même dans l'Orient braver la concurrence de l'acier persan.

§. V.

De l'Acier chrômé.

M. Berthier a composé l'acier chrômé avec $\frac{1}{100}$ à $\frac{15}{1000}$ de chrôme. On en a fait des lames de couteaux et de rasoirs d'une bonne qualité ; elles étaient damassées et d'une dureté très grande.

§. VI.

De l'Acier silicé.

Celui de Clouet a déjà été décrit. Il est composé, suivant M. Boussingault, de 0,8 de silicium; mais il paraît que jusqu'à présent on n'est pas parvenu à l'employer avantageusement.

Nous ne pousserons pas plus loin cette énumération qui deviendrait beaucoup trop longue. Il nous suffit d'avoir classé convenablement ces alliages, et accordé, dans cet ouvrage élémentaire, une place aux nouvelles découvertes de cette partie de la métallurgie.

CHAPITRE V.

De la Trempe.

Le phénomène de la trempe de l'acier a donné lieu à bien des explications dont pas une n'est satisfaisante. Réaumur a consacré tout un Mémoire à la solution de cette question sans y parvenir entièrement; tous ceux qui l'ont suivi n'ont pas été plus heureux, et nous ne tenterons pas de suivre leurs traces. On parvient à expliquer, par des hypothèses plausibles, la dureté et la fragilité acquises par l'acier trempé; mais sitôt qu'on recherche pourquoi les autres métaux ne se durcissent pas également par le refroidissement subit, tout l'échafaudage de raisonnement tombe, et on se retrouve dans la même incertitude qu'auparavant.

Le fer pur et les autres métaux ne se trempent point; la fonte refroidie subitement devient blanche, et ressemble à l'acier sous quelques

points de vue. Cette considération conduirait à penser que le phénomène de la trempe est dû à la manière d'être du carbone dans le fer, si l'on n'avait obtenu de l'acier durci à la trempe sans une trace de carbone, et que du fer dans lequel se trouvait du carbone n'eût résisté à la trempe. M. d'Arcet nous a appris d'ailleurs que certains alliages deviennent ductiles par le refroidissement subit, tandis qu'en refroidissant lentement ils se trempent réellement et acquièrent de la dureté.

Quoi qu'il en soit, tout le monde sait que l'acier se durcit par un refroidissement subit. La trempe lui conserve le volume qu'il avait étant chauffé, sa pesanteur diminue conséquemment, sa texture change et son grain devient très fin, sa couleur s'éclaircit, sa dureté augmente, enfin sa ténacité s'accroît.

Une barre d'acier non trempé, de 144 lignes, acquiert par la trempe une ligne de plus. Il est probable que cette augmentation dépend en grande partie de la température à laquelle l'acier se trouve au moment de la trempe. En augmentant de volume, l'acier diminue de densité; mais la dilatation n'a lieu, suivant Rinman, que pour l'acier cémenté, et Karsten pense que l'acier qui s'étend le plus est le moins tenace et le moins élastique.

La ténacité, la dureté et l'élasticité de l'acier sont trois qualités qui demandent des considérations diverses et ne dépendent pas toujours l'une de l'autre. Un acier trop faiblement trempé perd de son élasticité, mais devient plus tenace. L'élasticité d'ailleurs ne résulte pas uniquement de la dureté, quoiqu'elles dépendent bien sou-

vent l'une de l'autre. La fonte blanche, en durcissant, ne devient pas pour cela élastique. L'acier trop trempé perd par là son élasticité; il est donc une certaine limite qu'il ne faut pas dépasser, et un degré de température auquel la trempe doit avoir lieu pour assurer au métal l'élasticité la plus grande.

Les burins, les forets, les marteaux, les ciseaux, etc., doivent être trempés fortement, afin d'acquérir de la dureté; les lames de sabre, les rasoirs, les hache-paille, etc., demandent une trempe moins forte; les couteaux de table, les ressorts, etc., reçoivent encore un degré de dureté moins considérable. En général on voit qu'on peut modifier à volonté les qualités de l'acier, suivant les usages auxquels il doit être employé; mais il se rencontre souvent de grandes difficultés dans l'application : il faut une bien longue expérience pour déterminer avec exactitude les degrés de chaleur convenable à chaque acier. Et comme les aciers varient singulièrement, que divers accidens peuvent donner le change à l'ouvrier, le problème se complique bien souvent d'une foule de difficultés.

David Hartley avait imaginé, en 1789, une méthode de tremper l'acier, à l'aide d'un pyromètre; mais ce procédé était difficile dans l'exécution; il y substitua un bain d'huile chaude et un thermomètre, et parvint ainsi à tremper à la fois plusieurs douzaines de rasoirs. Sir Parke (1) entreprit une suite d'expériences pour déterminer les divers degrés de fusion des al-

(1) *Essais chimiques sur les Arts*, t. II.

liages métalliques employés comme bains. Ces températures une fois connues, on peut y faire rougir l'acier afin de lui donner toujours le même degré de chaleur. Nous croyons devoir en donner ici les tableaux.

Alliage de bismuth, plomb et étain.

Parties de			Degrés de fusion.
Bismuth.	Plomb.	Étain.	Therm. centig.
8	5	3	94°44
8	6	3	97,78
8	8	3	107,64
8	8	4	112,20
8	8	6	116,05
8	8	8	122,10
8	10	8	127,60
8	12	8	130,90
8	16	8	147,40
8	16	10	149,60
8	16	12	141,90
8	16	14	139,70
8	16	16	140,80
8	16	18	144,10
8	16	20	147,40
8	16	22	152,80
8	16	24	154,00
8	18	24	152,90
8	20	24	151,90
8	22	24	151,80
8	24	24	152,90

Parties de			Degrés de fusion. Therm. centig.
Bismuth.	Plomb.	Etain.	
8	26	24	158°40
8	28	24	163,00
8	30	24	170,50
8	32	24	176,00
8	32	28	165,00
8	32	30	163,90
8	32	32	158,40
8	32	34	157,30
8	32	36	158,40
8	32	38	159,50
8	32	40	160,60

Le tableau suivant, dont les degrés sont plus élevés, est préférable dans la plupart des applications; l'alliage est composé de deux métaux seulement, l'étain et le plomb.

Parties.		Degrés centig. de fusion.	Parties.		Degrés centig. de fusion.
Étain.	Plomb.		Étain.	Plomb.	
4	4	187°00	7	4	168°30
5	4	176,00	8	4	169,40
6	4	167,20	9	4	171,60

Parties.		Degrés centig. de fusion.	Parties.		Degrés centig. de fusion.
Étain.	Plomb.		Étain.	Plomb.	
10	4	173°80	4	21	265°65
11	4	176,00	4	22	266,75
12	4	178,20	4	23	267,20
13	4	180,40	4	24	267,75
14	4	181,50	4	25	268,20
15	4	182,60	4	26	269,85
16	4	184,25	4	27	270,15
17	4	185,90	4	28	271,15
18	4	187,00	4	29	273,35
19	4	188,65	4	30	273,90
20	4	190,30	4	32	275,00
22	4	191,40	4	34	276,65
24	4	192,50	4	36	278,30
4	4	187,00	4	38	279,40
4	5	196,90	4	40	280,50
4	6	209,00	4	42	281,60
4	7	213,40	4	44	282,70
4	8	225,50	4	46	283,80
4	9	235,40	4	48	284,90
4	10	240,90	4	50	285,45
4	11	244,30	4	52	286,00
4	12	247,50	4	54	287,10
4	13	249,70	4	56	287,65
4	14	257,90	4	58	288,80
4	15	254,10	4	60	288,75
4	16	256,30	4	62	288,75
4	17	258,50	4	64	288,75
4	18	260,15	4	66	288,75
4	19	262,35	4	68	288,75
4	20	264,00	4	70	289,20

Digitized by Google

Ces bains métalliques doivent être mis en usage dans des vases de fonte d'une grandeur qui dépend des instrumens qu'il s'agit de tremper.

La méthode des bains métalliques est sûre et a plusieurs avantages sur la manière de chauffer ordinaire ; elle ne laisse aucune incertitude sur le degré de température à donner aux instrumens d'acier, et qu'une fois que l'ouvrier connaît ce degré, il ne lui reste plus qu'à choisir dans la table l'alliage convenable, le placer dans son creuset, mettre dessus l'acier à tremper et chauffer. Aussitôt que la surface du métal allié commence à fondre, il retire promptement son acier et le plonge dans l'eau. Indépendamment de cet avantage, l'objet d'acier est chauffé bien plus régulièrement que dans un feu ordinaire, et la surface n'atteint pas un degré très élevé avant que le centre soit à peine chaud.

Peut-être ne sera-t-il pas mal à propos de joindre ici un tableau de bains métalliques à l'usage des couteliers. Il peut être pour le maître de forges d'une grande utilité.

OBJETS A TREMPER.	PLOMB.	ÉTAIN.	TEMPÉRATURE DE FUSION.
Lancettes	7	4	213°40
Autres instrumens de chirurgie..........	7 ½	4	221,11
Rasoirs	8	4	225,50
Canifs et quelques instrumens de chirurgie.	8 ½	4	232,22
Grands canifs, scalpels, ciseaux froids, etc..	10	4	240,90
Forces, cisailles, outils de jardinage.......	14	4	251,90
Haches, cognées, planes, couteaux de poche, etc..........	19	4	262,35
Couteaux de table, grands ciseaux, etc..	30	4	273,90
Épées, ressorts de montres, etc..........	48	4	284,90
Grands ressorts, poignards, tarières, petites scies, etc......	50	4	289,20
Scies de menuisier et à main et quelques ressorts, etc.....	Huile de lin bouillante.		312,40
Divers articles qui exigent une trempe plus douce............	Plomb fondu		319,00

Le liquide le plus généralement employé pour la trempe, c'est l'eau froide. Il faut éviter qu'elle ne s'échauffe, et, pour cela, on trempe dans un bain d'eau courante, lorsque les objets à durcir sont d'une certaine grosseur. On y ajoute au besoin quelques sels, parce qu'ils donnent plus de dureté à la trempe. C'est peut-être à cette solution qu'est dû le préjugé qui attribuait anciennement à telles ou telles fontaines des propriétés merveilleuses pour la trempe. Aujourd'hui, tous les métallurgistes sont bien convaincus que le principal secret de l'opération consiste dans le degré de température de l'eau.

On peut tremper dans le mercure, mais on a cru remarquer que l'acier acquérait ainsi de l'aigreur. Les burins se trempent dans l'acide nitrique, et tous les acides ont la propriété de durcir l'acier plus que ne le fait l'eau. Les trempes moins fortes peuvent être obtenues à l'aide de l'huile et des corps gras. On dit que les Orientaux portent dans l'air, au galop d'un cheval, les lames de damas chauffées à une température connue. Ce qui est certain, c'est que l'air est un milieu réfrigérant quelquefois fort utile et dans lequel on peut tremper, en les y agitant, des objets d'une petite dimension.

L'acier ne doit pas être chauffé aussi fortement lorsque l'eau est très froide ; car le proto-carbure, élevé à une haute température, perd la finesse de son grain ainsi que sa compacité. M. Rhodes a posé pour principe que *la plus basse température possible à laquelle on trempe l'acier, est sans contredit la meilleure.*

C'est ici le cas de réprimander les ouvriers qui, après avoir ultrà-chauffé l'acier avant la trempe,

croient le ramener à son degré de dureté convenable en l'exposant une seconde fois à un excès de température auquel ils donnent le nom de *recuit*. Si l'acier a une fois perdu ses qualités, on aura beau l'exposer à une nouvelle chaleur, on ne fera que l'altérer sans lui donner le degré de dureté qu'il a perdu.

SECTION III.

DU FER NOIR.

Le fer noir ou tôle est un fer en feuilles d'une petite épaisseur et d'une certaine dimension. On croit que le nom de *tôle* vient du latin *tela*, par comparaison avec la toile, à laquelle le fer noir mince ressemble assez. La fabrication de la tôle en France ne date que de 1726; elle avait lieu alors au marteau, et produisait si peu, que presque toute celle consommée dans le royaume était tirée de l'étranger.

Le fer employé dans les tôleries doit être doux, nerveux et malléable; il ne doit pas se criquer sur les côtés, ni se déchirer à l'étirage. Le fer cassant ne peut produire de la tôle mince, telle que celle nécessaire à la ferblanterie. Le fer fort exige des chauffes réitérées et consomme trop de combustible, en même temps qu'il retarde le travail.

La silice contenue dans le fer anglais obtenu par le traitement au coke, nuit à la qualité de la tôle, de celle surtout que les Anglais destinent à

la fabrication du *tin iron*. Il faut donc affiner au charbon de bois le fer qui doit être employé dans les tôleries, et, sous ce rapport, les forges françaises ont un grand avantage sur celles de la Grande-Bretagne. Il ne paraît pas, néanmoins, que nous sachions le mettre à profit.

La tôle forte est toujours employée à l'état de fer noir; la tôle mince est souvent destinée à faire du fer-blanc; elles prennent toutes deux des dénominations relatives à l'usage auquel elles sont destinées. Elles doivent avoir une épaisseur uniforme partout et une surface parfaitement lisse; elles doivent se plier facilement à froid dans tous les sens, ne point se gercer ni se déparer. La tôle est marchande lorsqu'elle n'a ni pailles, ni bosses, ni trous; celle qui possède tous ces défauts est mise au rebut. On donne quelquefois le nom de tôle à palâtre, au feuillard dont la largeur excède 2 ou 3 pouces.

On se sert indifféremment de charbon de bois, de bois, ou de houille pour le chauffage. Les considérations que nous avons développées sur les combustibles doivent guider dans le choix du charbon. Lorsque les feuilles sont minces, elles s'oxident en se chauffant lentement; il est alors bien important de les élever rapidement à une haute température, afin de les exposer le moins de temps possible à l'action de l'oxigène. La construction du fourneau, la quantité de trousses qu'on y place, la qualité du fer, le plus ou moins de vitesse de l'étirage, sont des choses qui doivent être prises en considération et calculées avant tout.

Autrefois on se servait d'un feu de forge pour chauffer les trousses de tôle; cette méthode en-

traînait une grande consommation de combustible, et nuisait à la qualité du métal, en favorisant l'oxidation; elle est aujourd'hui presque entièrement abandonnée. Les plaques ainsi chauffées étaient placées de champ sur une grille formée par des ringards ou des barres de fer, au-dessus de la tuyère; elles étaient recouvertes de charbon, et élevées, dans cet état, à une température jugée nécessaire pour le martelage.

Les fours à réverbère sont bien préférables, sous tous les rapports, aux feux de forge, pour le chauffage des trousses et, en général, pour toutes les opérations où il s'agit de porter le métal à une température au-dessous de celle de la fusion. Il est d'ailleurs facile, dans ces foyers, de donner un coup de feu violent ou de modérer le feu, à l'aide des tiroirs qu'on place près du rampant, ou de registres qu'on adapte à la partie supérieure de la cheminée.

L'intérieur du four à réverbère présente un rectangle de 4 à 5 pieds sur 5 ou 6; la voûte a 2 pieds et demi dans sa plus grande hauteur. Dans la Nièvre, ces fours sont presque circulaires; en Angleterre, la forme en est ovale; elle a 6 pieds de long sur 5 de large; la grille a 2 pieds et demi de long, et est séparée de la sole par un pont de 2 pieds de hauteur; la voûte est très surbaissée, et prend naissance au-dessus du foyer, à un niveau plus bas que la partie supérieure du pont.

Quelle que soit la construction du four à réverbère, il faut avoir soin de ménager le rampant de manière à ce que le tirage ne soit pas très fort, et que l'air de l'extérieur ne s'y précipite pas avec une grande violence. Le pont

doit être très élevé pour empêcher le contact de la flamme avec le métal. C'est pour cela qu'on place les trousses près du pont, afin qu'elles ne se trouvent pas dans le passage du courant. L'ouvrier chauffeur doit avoir grand soin d'ouvrir le moins possible la porte du travail, ainsi que celle de la chauffe; l'air, en s'y précipitant, oxiderait la surface de la tôle, et cet inconvénient serait bien autrement grand pour le fer laminé que pour le fer étiré au marteau.

En Belgique, on se sert de fours dormans chauffés à la houille. Les trousses sont placées immédiatement sur le combustible incandescent, afin de l'économiser; mais cette méthode a bien d'autres inconvéniens que les anciens feux de chaufferie; la tôle qui sort de ces foyers est rarement de bonne qualité, elle s'oxide facilement et devient cassante. Il faut, tout en économisant le combustible, protéger le métal contre l'attaque de l'air.

Le travail des tôleries peut être facilement divisé en deux parties : l'ancien et le nouveau. Nous allons en faire deux divisions.

ARTICLE PREMIER.

Ancien étirage de la Tôle.

L'ancien étirage de la tôle, encore en usage dans les trois quarts de nos forges, se divise en trois parties, que l'on appelle *élargisserie*, *platinerie* et *parage*. Pour mettre de l'ordre et de la méthode dans ces travaux, nous les suivrons l'un après l'autre.

§. Ier.

Élargisserie.

Le martineur a soin de disposer son marteau de manière qu'il tombe parfaitement d'aplomb sur l'enclume, et que le centre des deux reçoive le choc en même temps que les côtés. La panne du marteau a généralement de 25 à 28 pouces de longueur sur 7 à 8 pouces de large ; il pèse 200 à 225 kilog., et sa volée est de 34 à 36 pouces. La table de l'enclume doit être étroite, afin de hâter l'étirage ; elle est quelquefois voûtée. Il faut, à l'ouvrier, une grande adresse pour étirer des feuilles uniformes avec ces dispositions ; aussi, la tôle est-elle généralement mieux faite lorsque l'enclume est large et plane.

Les barres, bien chauffées, sont aplaties sous le marteau par un bout, et reportées à la chaufferie, pour blanchir l'autre bout et l'étirer à son tour. Cette partie plate est appelée *languette;* elle est coupée ensuite à l'aide d'une tranche que le coup de marteau fait agir, puis doublée avec un marteau à main, et pesée suivant le poids exigé. Cette dernière opération est généralement faite par un enfant appelé *gars;* le martineur, près de qui la balance est placée, peut vérifier d'un coup d'œil si le poids est exact.

Le chauffeur dispose une certaine quantité de barres, en rang, dans le feu, couvre les extrémités avec du charbon, et les présente une à une au martineur ; celui-ci les étire en languette et les remet au chauffeur, qui les replace de nouveau sur le feu. L'habitude est de chauffer

7 barres par rang pour les formats de 12 à 13 pouces.
6 *idem* pour ceux de 14 à 15 pouces.
5 *idem* pour celui de 18 pouces.

La grandeur et les dimensions des languettes sont proportionnées au format qu'il s'agit d'obtenir, et au poids de ce format.

Format en pouces.	Longueur des Languettes.	Longueur des Doublons.	Poids en kilogr.
12	20	10	0,73
13	22	11	0,98
14	24	12	1,16
15	28	14	1,25
18	32	16	2,45

Tels sont les seuls formats qu'on étire ordinairement au martinet à queue ; les formats suivans sont platinés sous le marteau à drôme.

FORMAT en pouces.	LONGUEUR DES		POIDS en kilog.
	Languettes.	Doublons.	
24	36	18	4,90
30	48	24	7,35
36	52	26	10,77

La consommation du charbon dans l'élargisserie est de 10 à 12 kilog. pour 100 kilog. de languettes; le déchet est de 1 à 1 ½ pour cent.

Les martineurs se remplacent par tournée, dont la durée est de six heures. Un martineur peut étirer, dans sa tournée, 300 languettes des formats de 12 et 13 pouces; 250 languettes de celui de 14 et 15, et 200 de celui de 18 pouces.

Les languettes sont chauffées dans un feu particulier qui porte le nom de *chaufferie de l'élargisserie*. Dans les tôleries bien montées, le marteau à drôme est proportionné au travail des doublons. Dans la plupart des usines, l'étirage des doublons se continue sous le martinet.

L'élargissage des languettes a lieu en deux chaudes consécutives : dans la première, on leur donne la largeur voulue jusqu'à la moitié seulement de leur longueur; dans la seconde, on achève l'autre moitié. Ces deux chaudes sont faites par deux ouvriers nommés *élargisseurs*.

On élargit deux paires de languettes à la fois sous le martinet.

Le premier élargisseur les saisit avec des tenailles, les place de champ dans la chaufferie et les recouvre de charbons. Lorsqu'elles ont reçu une chaude blanche, il les porte au marteau, et achève une des moitiés des doublons à laquelle il donne la largeur qu'elle doit avoir. Le second élargisseur procède à la même opération pour la seconde moitié des languettes. Ils se partagent la besogne de manière qu'il y ait toujours deux paires de languettes au feu et deux paires à l'étirage.

Une attention bien nécessaire dans le forgeage, c'est de ne pas laisser le milieu des planches trop épais, dans la crainte qu'il n'en résulte plus tard des pailles ou des rides; il ne doit donc pas chasser le métal des bords vers le centre, mais bien du centre vers les côtés. C'est précisément le contraire de ce qu'on fait dans beaucoup de tôleries, où l'on tâche de conserver la force du fer dans le milieu de la languette, et de l'élargir en amincissant toujours vers les bords.

Les languettes ainsi élargies s'étendent d'un pouce et demi en longueur, et de 4 à 6 pouces en largeur; elles forment un parallélogramme qui prend alors le nom de *semelle*.

On réunit une certaine quantité de *semelles* et on en forme des *trousses*, que quelques martineurs appellent des *tenailles*. Les trousses des formats de 12 et 13 pouces sont composées de 24 paires; et celles des formats de 14, 15 et 18 pouces, de 15 paires seulement. On donne plus généralement le nom de trousses aux formats qui excèdent 18 pouces.

Les deux élargisseurs font par tournée 6 *tenailles* environ, ou une tenaille par heure ; ils consomment dans la formation des semelles de 75 à 80 kilogr. de charbon pour 100 kilogr. de fer, et 100 kilogr. ½ à 101 kilogr. de languettes.

§. II.

Platinerie.

Le poids des tenailles et des trousses rend le travail du platineur plus pénible ; il doit être fort, vigoureux et adroit. On place, dans le *stock*, une espèce de potence qui sert à supporter la trousse et soulage un peu le martineur. Mais le forgeage exige quelques préparations préliminaires que nous allons décrire rapidement.

Un ouvrier assemble les semelles de manière à ce que celles qui sont plus courtes que les autres se trouvent dans le milieu de la tenaille, où elles peuvent plus facilement s'allonger. Il les trempe une à une dans l'*eau d'arbue*, qui n'est autre chose que de la terre glaise délayée dans une auge avec de l'eau, ou bien un mélange d'argile, de craie et de poussière de charbon. Le but de cette immersion est d'empêcher que les semelles réunies en trousses ne se soudent ensemble. Il faut bien avoir soin que la terre ne contienne point de sable, ni de corps durs qui nuiraient singulièrement à l'étirage de la tôle, par leur interposition entre les feuilles.

Les semelles sont ensuite assujetties dans une *clame* ou crochet qui est destiné à les contenir en trousses ; l'assembleur les y fait entrer à coups de masse, et en place le nombre désigné par le format, et par le poids qui ne doit jamais excéder

40 kilogrammes par trousse, afin que le platineur puisse la manier.

Ainsi la trousse des formats de 12 et 13 pouces est composée de 36 paires de languettes, ou 18 paires de semelles; la trousse de 14 et 15 pouces l'est de 30 paires; celle de 18 pouces de 20 paires; de 24, de 30 et 36 pouces de 5 languettes seulement.

Les trousses une fois formées et assujetties dans la clame, l'enfourneur les saisit avec ses tenailles et les pose sur la grille d'un fourneau à réverbère, où il les dispose par rangs et dans un sens latéral; il introduit dans le four un certain nombre de trousses, suivant le format. Cette première chaude doit recevoir un coup de feu vif et ardent. Il y a encore deux chaudes à donner : la seconde sera un peu moins vive, mais bien soutenue, et la troisième devra être plus douce que les deux premières.

On brûle dans ces fourneaux du bois à l'état d'essence. Le chêne est celui qui convient le mieux pour chauffer la tôle, à cause de l'uniformité de sa chaleur; on y mêle quelquefois du bouleau, surtout dans la première chaude, où il s'agit de donner une grande vivacité au feu.

Le chauffeur retire la première trousse, lorsqu'elle est chauffée à blanc, fait tomber la clame, et passe le reste au platineur.

Celui-ci la traîne près du marteau, la place latéralement, fait ouvrir les feuilles et y jette de la poussière de charbon, pour éviter la soudure que le premier coup de marteau pourrait occasionner; puis, il ressaisit la trousse, l'égalise avec un marteau à main, et la place enfin sur l'enclume.

Le marteau doit alors redoubler de vitesse; car sa volée est raccourcie de toute l'épaisseur des feuilles de tôle interposées. Pendant ce temps, le chauffeur rapproche une autre trousse, et la prépare pour le rabattage suivant.

Les trousses abattues sont réchauffées de nouveau et portées encore au forgeage; les feuilles s'élargissent, et le platinage cesse lorsqu'on s'aperçoit que la trousse commence à se refroidir.

Le platineur choisit alors, dès cette seconde opération, les feuilles qui ont acquis leur dimension, et les livre à la *cisaillerie;* il examine alors le reste, sépare celles qui sont collées ensemble, et place à l'extérieur celles qui sont au centre et s'amincissent davantage, parce qu'elles conservent plus long-temps la chaleur. Cette opération s'appelle *changer les trousses.*

Les trousses sont ensuite remises au feu et platinées de nouveau; on donne au marteau toute la vitesse qu'il peut recevoir, afin de profiter de la chaleur du métal, et on achève ainsi l'opération du platinage.

Le travail est exécuté par deux platineurs aidés de leurs journaliers, et qui se relèvent dans la besogne. Une tournée dure cinq heures, c'est-à-dire une heure de moins que la tournée des autres martineurs, à cause de la fatigue du platinage; on étire douze trousses pendant ce temps, et l'on dépense à peu près une demi-corde de bois.

§. III.

Parage.

Vers la fin du platinage on commence à cisailler les feuilles en gros; les feuilles sont détachées

l'une de l'autre et portées une à une sous les couteaux de la cisaille, où on les rogne de manière à leur donner la dimension du format auquel elles sont destinées. Il faut au cisailleur une certaine adresse pour tirer parti des planches criquées, gercées ou fendues; il doit rebuter toutes celles qui ne sont pas marchandes, et couper à angle bien droit celles qui peuvent être livrées au commerce.

Ces dispositions étant prises, on les reporte dans le foyer de chaufferie pour les soumettre au *planage*, ou plutôt au *parage*, sous un marteau qui agit avec lenteur et à demi-coups, et dont la panne, ainsi que la table de l'enclume, est très large et parfaitement horizontale. On fait disparaître, par cette dernière opération, les petites défectuosités inévitables dans un forgeage sur une enclume étroite; mais si les défauts des feuilles sont grands, il est impossible d'y porter entièrement remède.

Quelques tôleries, après le parage, font battre les feuilles avec un marteau de bois, pour les rendre plus lisses. Ce n'est, dans beaucoup d'usines, qu'après le parage et ce dernier *lissage* qu'on les porte à la cisaillerie, et qu'on leur donne la grandeur prescrite.

Le déchet est de 2 à 4 pour cent, ce qui, avec les déchets déjà signalés, porte la perte par oxidation de 3 et demi à 6 et demi pour cent; la rognure et les rebuts s'élèvent entre 15 et 25 pour cent à la cisaillerie.

Il est aisé de voir, par l'exposé qui précède, combien cette méthode d'étirage est pleine d'imperfections; il faut à l'ouvrier qui élargit et platine une adresse extrême et une grande intel-

Digitized by Google

ligence pour suppléer à ce que ce procédé a d'irrégulier et d'incertain. Néanmoins, malgré tout le talent possible, il ne viendra jamais à bout de faire de la tôle d'une épaisseur partout uniforme. La consommation du charbon, en outre, est considérable, à cause de la lenteur de l'étirage qui oblige à multiplier les chaudes.

ARTICLE II.

Nouvel Étirage de la Tôle.

Les inconvéniens du forgeage au marteau ont fait sentir de bonne heure la nécessité de recourir au laminage pour le travail du fer platiné; aussi les cylindres à tôle ont-ils été introduits en France bien long-temps avant les laminoirs à fer. Il ne reste plus aucun doute sur l'avantage qu'on en retire, mais ce n'est que pas à pas que la routine et l'inertie d'un grand nombre de maîtres de forges cèdent le terrain aux nouveaux perfectionnemens.

Les laminoirs à tôle sont en fonte durcie à la surface, et dressés ensuite au tour (*cashard rolls*); ils ont depuis 20 jusqu'à 40 pouces de long, et 20 à 24 pouces de diamètre, et pèsent chacun de 1,000 à 2,500 kilog. Leur cage est massive et porte des empoises qui empêchent les deux cylindres de se reposer l'un sur l'autre. Le devant de l'équipage est garni d'un tablier en fer, placé un peu au-dessous de la tangente, qui passerait par la ligne où les deux laminoirs se touchent. Ce tablier est destiné à supporter la tôle présentée à l'étirage.

Quelquefois on ébauche les languettes ou bidons sous un laminoir particulier, ou plutôt un

espatard du genre de celui employé dans les fenderies. Là, le fer est aplati, puis on le coupe à la cisaille, et on en forme des languettes et des doublons; ceux-ci sont passés entre deux cylindres, et produisent des semelles qui sont laminées à plusieurs fois, jusqu'à ce qu'elles aient acquis la dimension désignée par le format.

Les laminoirs sont d'abord légèrement rapprochés par l'étirage des semelles; à chaque passage de la feuille entre les cylindres, on resserre les vis et on diminue l'espace vide entre eux. La tôle est plus fortement comprimée, elle s'étend, s'amincit, et arrive enfin à l'épaisseur voulue.

Si les feuilles de tôle ne doivent pas être d'une grande dimension, on trempe les semelles dans l'eau d'arbue, puis on en fait des trousses qu'on chauffe et qu'on étire sous le laminoir dur. Lorsque les planches ont reçu une longueur suffisante, le laminoir les plie avant d'en former les trousses.

Il est bon, avant d'engager la trousse dans les laminoirs, de la frapper fortement contre une masse de fer, pour en détacher l'oxide qui ne manquerait pas de s'imprimer dans les feuilles pendant l'étirage. Il est aussi bien important de ne pas multiplier les chaudes, de laisser le fer peu de temps dans le four, et d'étirer à la chaleur blanche les languettes ou bidons qui ne sont pas doublés. C'est pour cela que l'on recommande si fortement de ne plier les languettes que le plus tard possible, afin de pouvoir donner des chaudes plus intenses, sans craindre de souder les feuilles.

Les planches doubles doivent être engagées sous le laminoir par l'endroit où est le pli; on

Digitized by Google

tâche de donner aux feuilles, dès le commencement, la largeur voulue, afin de n'avoir plus à étirer ensuite que dans le sens de la longueur.

Le déchet du laminage, non compris les rognures, est de 6 pour cent : il est dû à l'oxidation.

SECTION IV.

DU FER-BLANC.

La ferblanterie n'est que le supplément de la tôlerie. C'est en effet le fer noir passé à l'étamage qui constitue le fer-blanc; mais comme la tôle destinée à cette fabrication exige quelques manipulations particulières, indépendamment de la mise au tain, et que d'ailleurs les usines à tôle ou fer noir ne travaillent que bien rarement en France le fer-blanc, nous avons cru devoir en faire une section particulière, pour ne pas nous placer trop en dehors des habitudes, souvent bien ridicules, des métallurgistes du continent.

Le fer qui doit être platiné pour fer-blanc est de la meilleure qualité; il ne doit contenir aucune quantité de silice, et c'est pour cela qu'on emploie de préférence celui qui a été affiné au charbon de bois. Le fer à la houille n'offre pas assez de compacité, et, quelle que soit sa douceur, on n'a pu jusqu'à présent l'employer à la platinerie du fer-blanc, malgré les nombreux essais qui en ont été faits en France et en Angleterre.

Nous devrons diviser le travail du ferblantier en trois classes, dont l'une comprendra l'*étirage* au marteau et au cylindre; la seconde traitera du *décapage*, et la troisième détaillera l'*étamage* des feuilles.

ARTICLE PREMIER.

Étirage.

L'étirage de la tôle destinée à l'étamage diffère très peu de celui que nous avons rapporté précédemment.

Dans l'ancienne méthode, on avait deux marteaux; l'un était destiné à ébaucher le fer, l'autre à le platiner. Comme c'est encore ainsi qu'on fabrique le fer-blanc dans quelques usines à tôle, nous allons donner succinctement le détail des opérations de l'ancien étirage.

Le marteau *platineur* a 5 à 7 pouces de largeur à la panne, qui est légèrement convexe; il pèse 300 à 350 kilog., et est mis en mouvement sur une volée de 30 à 34 pouces. Le marteau ébaucheur ne pèse que 150 à 200 kilog., et sa volée n'est que de 25 à 28 pouces; sa panne, beaucoup plus voûtée que l'autre, a 15 à 18 lignes de large sur 8 à 9 pouces de long. La table de l'enclume a 11 à 12 pouces de côté.

Les rognures et les débris de tôle sont soumis de préférence à l'affinage, comme étant très propres à donner du fer fort; on en forme des loppins, et on les étire en barres carrées de 9 à 10 lignes sous le marteau à platiner. Les languettes sont préparées sous l'autre marteau, et remises immédiatement après au feu.

Digitized by Google

Dans la tournée suivante, l'étirage de ces languettes est achevé, et l'on en forme des doublons. Lorsque ceux-ci sont finis, on les réunit deux à deux, et on les place dans le foyer, à l'endroit du pli. Un batteur en saisit une couple avec ses tenailles, les porte sous le marteau ébaucheur, et leur donne une largeur de 5 à 6 pouces, puis il les reporte de nouveau à la chaufferie; le second batteur les prend et achève de les étirer. Cette opération s'appelle *égaliser les planches.*

Le travail doit continuer sans relâche, et le chauffeur a soin de tenir au feu un nombre suffisant de doublons, pour que l'étirage ne soit jamais arrêté. Les planches égalisées sont visitées avec soin, puis trempées dans l'eau d'arbue et rassemblées en trousses par piles de 50 planches; on porte au feu quatre trousses à la fois, et cette réunion s'appelle une *file.*

On dispose en travers du feu des barres de fer ou des ringards, de manière à former une grille sur laquelle la file est placée de champ, dans le sens de la longueur; on les couvre ensuite de charbon, et l'on met les soufflets en mouvement jusqu'à ce qu'elles soient à la chaleur rouge. Trois chaudes suffisent pour achever de les étirer, mais à chacune on doit avoir soin de changer les feuilles de place, et de mettre celles du milieu à l'extérieur, ainsi qu'on le fait pour les formats de la tôle.

Les étireurs disposent les feuilles par ordre de dimensions et par nombre; chacune des réunions de feuilles porte le nom de *schoc*, et ces schocs sont composés d'un certain nombre de feuilles, suivant le format auquel elles appartiennent; le schoc est de 120 feuilles pour le for-

mat de 12 et 13 pouces, de 60 feuilles pour celui de 14, 15 et 18.

Dans certaines usines, au lieu de convertir les barres en languettes, on procède de suite au forgeage des doublons. Il existe dans cette manière de fabriquer une très grande économie, surtout lorsqu'on donne aux bidons une grande largeur.

Les schocs sont livrés aux cisailleurs qui, d'accord avec l'étameur et ses aides, prennent autant de feuilles qu'il est nécessaire, et les offrent au couteau de la cisaille. Leurs mains sont garnies de gantelets épais pour manier plus facilement les planches sans courir le risque de se blesser; ils se servent d'une mesure pour déterminer les dimensions et la rognure qui doit avoir lieu.

Dans les usines où la ferblanterie et la tôlerie marchent en même temps, les cisailleurs font un choix des feuilles rognées propres à l'étamage; ils mettent à part celles qui doivent rester *au noir*, et renvoient au platineur celles qui n'ont pas les dimensions voulues.

Les feuilles cisaillées sont ensuite disposées sur des rayons de bois, et arrangées, par format, en tas qu'on nomme *iffles*. Les iffles sont composées de 132 feuilles des formats au-dessous de 18 pouces.

Les feuilles choisies pour être étamées doivent être d'un beau lustre, sans taches; elles ne sauraient être mises au blanc si elles sont graveleuses, trouées, pailleuses ou imprégnées de terre, si elles ont été brûlées ou exposées à des coups de feu inégaux; elles doivent être enfin de premier choix.

Digitized by Google

Nous avons dit combien, pour la tôle fine, le laminoir était préférable au marteau; c'est surtout dans la fabrication du fer-blanc qu'on est à même d'apprécier cette différence. La vitesse avec laquelle on étire les feuilles au cylindre, permet d'économiser plusieurs chaudes, et diminue conséquemment le déchet de l'oxidation.

En Angleterre, les laminoirs se composent ordinairement de deux paires de cylindres et de deux fours à réverbère. La sole de ceux-ci est en fonte et semblable à la sole des fourneaux de chaufferie ou de pudlerie; elle a 6 à 8 pieds de long sur 4 à 5 de large; le pont a 2 pieds 6 pouces de haut : on charge à la fois 45 languettes sur leur plat.

Lorsque la pièce est suffisamment chauffée, le chauffeur la saisit avec des tenailles, la trempe dans une auge remplie d'eau, et la porte sous le laminoir, où il l'abandonne au lamineur : celui-ci la fait passer six à huit fois, jusqu'à ce qu'elle ait acquis une longueur quadruple de celle qu'elle avait premièrement; alors elle est reportée au feu, où elle reprend la température voulue pendant qu'on achève l'étirage des languettes.

Elle est de nouveau repassée sous le laminoir, et là elle acquiert une longueur double; l'ouvrier alors place le pied sur un des bords, et, se servant adroitement de sa pince, il plie la pièce en deux et achève le doublon à coups de maillet.

Les doublons sont chauffés dans le second four les uns sur les autres, sans qu'il soit besoin d'employer l'eau d'arbue pour empêcher l'adhérence; puis ils sont laminés encore, ouverts pour être examinés, fermés et pliés une seconde

fois, ce qui les quadruple : on achève alors de les étirer.

Moins on étend les feuilles en largeur, moins elles sont sujettes à se criquer, et plus elles s'allongent : le chauffage doit être fait avec rapidité pour éviter l'oxidation.

ARTICLE II.

Décapage.

L'opération appelée *décapage* a pour but de nettoyer la surface de la tôle de la couche d'oxide qui pourrait s'opposer à sa combinaison avec l'étain : on parvient à ce résultat au moyen d'acides végétaux provenant de la fermentation du seigle ou du son.

Les acides minéraux ne remplacent qu'imparfaitement les acides végétaux dans le décapage; l'acide acétique, en effet, attaque avec beaucoup plus d'énergie l'oxide, que ne pourrait le faire un acide minéral; celui-ci enleverait difficilement le peroxide qui se forme à la surface.

Le décapage est précédé, dans les usines anglaises, d'une opération préliminaire qui consiste dans un chauffage et une espèce d'étirage à froid : nous allons le décrire.

Après que les feuilles ont été coupées, elles sont livrées à un ouvrier qui courbe chaque feuille de manière à lui faire former un angle de 60 degrés à peu près; il les place ensuite dans le four à décaper.

Ce four est à réverbère et semblable aux chaufferies que nous avons décrites. La courbure des feuilles a pour objet d'exposer les deux feuillets à l'action de la flamme; mais avant de les poser

sur la sole, on les trempe dans de l'acide hydrochlorique ou sulfurique, étendu de six parties d'eau : 28 livres de cette liqueur sont nécessaires pour 1800 feuilles.

L'action beaucoup plus puissante de l'acide hyrochlorique sur l'oxide de fer, lui fait généralement donner la préférence sur l'acide sulfurique. Beaucoup d'établissemens, cependant, emploient ce dernier par économie; mais alors l'opération n'est jamais complète, et la tôle se recouvre de peroxide aussitôt qu'elle a été retirée du feu.

Quand les feuilles ont trempé pendant cinq minutes dans l'acide étendu, on les pace sur la sole du four, et on les en retire aussitôt qu'elles ont acquis la température rouge : on peut, dans une heure, placer ainsi et retirer 6 à 800 feuilles.

On les laisse refroidir et on les redresse entre des cylindres durs de 15 à 30 pouces de diamètre. La dureté de ces cylindres est une des considérations les plus importantes dans cette opération.

C'est après ce préliminaire qu'on procède, en Angleterre, au véritable décapage.

Les eaux qui servent à cette opération produisent ce qu'on appelle une lessive ; elles sont placées dans des poinçons dont la réunion forme une *cave*, ou dans des vases de fonte.

L'*eau sûre*, qui sert au décapage, est composée, en Angleterre, d'une eau qu'on a laissée en fermentation avec du son pendant une dizaine de jours. En France, on remplace le son par du seigle concassé ou mi-moulu; on élève la température de l'eau en y trempant des barres

de fer rougies, et on opère la fermentation en 24 heures.

On doit avoir, dans l'usine, cinq caves différentes, dont quatre se renouvellent tous les quinze jours, et une, dite *mère-cave*, ne se renouvelle jamais, et est seulement entretenue de seigle de temps en temps.

On place dans chacune des deux premières caves une iffle de 132 feuilles; elles y restent 24 heures : on les retire pour les plonger dans les deux secondes caves, et les y laisser 24 heures encore; enfin on les met dans la mère-cave, où elles restent 48 heures : ainsi l'opération dure quatre jours entiers. En sortant des eaux sûres, les feuilles doivent être jetées dans des cuves d'eau douce.

Dans les établissemens anglais, les feuilles sont plongées une à une dans la lessive de son, et rangées de champ; elles n'y restent que 12 heures, mais on est obligé de les retourner au bout de 6 heures : on les retire ensuite et on les plonge dans de l'acide sulfurique étendu d'eau, où on a soin de les agiter pendant une heure environ, jusqu'à ce que les taches aient disparu, et qu'elles soient parfaitement brillantes.

Cette opération exige, de la part du décapeur, beaucoup de sagacité et de prudence : si elles restent trop long-temps dans l'acide, celui-ci agit trop fortement sur le fer, surtout si le métal est tendre et peu compacte. Il se forme des *vésicules* sur sa surface, et bien souvent on est obligé de le mettre au rebut. Ce métier d'ailleurs influe d'une manière désagréable sur la santé de l'ouvrier.

Les feuilles décapées sont envoyées aux *récu-*

reuses; ce sont ordinairement des femmes d'ouvriers, ou des filles assez fortes pour ce genre de travail qui exige une certaine vigueur. Les feuilles trempées dans l'eau sont blanchies avec du sable fin qu'on frotte fortement sur la surface au moyen d'un linge de chanvre ou de tout autre chose. Elles sont ensuite jetées dans des cuves pleines d'eau, où elles se conservent jusqu'au moment de la mise au tain.

Chaque récureuse blanchit par jour de 300 à 350 feuilles, c'est-à-dire deux iffles et demie; le salaire de ces femmes est ordinairement entre 8 et 15 sous par jour.

ARTICLE III.

Mise au tain.

L'étamage se pratique dans une caisse ou creuset en fonte qui a 28 à 30 pouces de profondeur, autant de longueur et 2 pieds de largeur. Cette caisse est placée dans un fourneau où la flamme peut en toucher toutes les faces. Des plaques de fonte couvrent l'aire du fourneau et sont inclinées vers le bain, pour que les gouttes d'étain répandues en dehors puissent y revenir.

Le choix de l'étain employé dans l'étamage du fer-blanc doit être fait avec soin et sagacité; il doit être bien pur, et, sous ce rapport, l'étain en grains est généralement préférable à celui en saumons. Ce dernier se retire de minerais appelés *tin-stone*, quelquefois de l'étain sulfuré (*tin-pyrites*); l'étain en grains au contraire provient d'un filon d'oxide presque pur (*stream tin-ore*) et ne contient ni fer ni soufre. Suivant Parkes, l'étain dont on se sert dans les

usines d'Angleterre est composé de parties d'étain en grains et d'étain en saumons.

Dans la plupart des usines du continent, on verse au-dessus du bain d'étain qui se compose de 600 à 750 kilog. de métal, une couche épaisse de suif pour éviter l'oxidation. Dans les usines anglaises, le suif est fondu dans une caisse à part. Les substances grasses ont l'avantage d'empêcher que la tôle ne s'oxide, et elles favorisent la combinaison des deux métaux entre eux; cet effet est d'autant plus prompt que l'empyreume s'est développé avec plus de force dans le suif.

Dans nos établissemens, la veille de l'étamage on met l'étain en liquéfaction dans le creuset ou dans la cuve *ad hoc*; puis, en remuant le métal liquide avec une cuiller de fer battu, on force les crasses et les scories de surnager, et on les enlève avec une écumoire. Cette opération est répétée dans la nuit, et lorsque le moment de la mise au tain approche, on verse le suif dans la caisse au-dessus de l'étain.

Les iffles de tôle sont ensuite plongées dans ce bain et remuées dans tous les sens avec un morceau de bois; lorsque l'étameur juge que l'opération est assez avancée, il fait congeler le suif de la surface du bain en y versant de l'eau, le retire avec une écumoire pour le verser dans une caisse de fonte, et fait sortir, à l'aide d'une tenaille, les feuilles étamées qu'il passe à un second ouvrier.

Celui-ci la plonge dans un autre creuset où l'étain fondu est recouvert de suif blanc. Cette opération s'appelle *la trempe;* elle a pour but d'étamer à blanc, de perfectionner l'étamage et

de faciliter l'écoulement de l'étain surabondamment coulé sur les feuilles.

Les feuilles étamées sont, après cela, posées latéralement sur des grilles de fer; l'ouvrier les examine, regratte celles qui sont imparfaites, les renvoie à l'étamage. Les feuilles placées sur les châssis sont disposées de manière que l'étain coule sur leur surface et vient former un bourrelet; dans quelques usines elles sont posées sur leur diagonale, et l'étain surabondant, au lieu de former un bourrelet, ne laisse qu'un petit bouton à l'angle inférieur. Il faut faire disparaître ce bourrelet ou ce bouton, et c'est ce qu'on parvient à faire en plongeant les feuilles dans un bain d'étain du côté du bourrelet, et essuyant le bord avec de la mousse. Ce procédé donne lieu à une rayure qu'on appelle *lisière*.

Cette manière d'opérer est essentiellement défectueuse; elle est cependant générale. Il existe un procédé beaucoup meilleur et qui consiste à placer les feuilles étamées sur une plaque de fonte chauffée au feu du fourneau d'étamage. On retient sur cette plaque une petite quantité d'étain fondu, et c'est dans cet étain que s'écoulent les gouttes qui tombent des feuilles et ne forment pas de bourrelet.

Il reste à tiédir les feuilles, c'est-à-dire à liquéfier le suif qu'elles ont pu retenir, afin de l'enlever ensuite. Cette opération se fait dans un fourneau particulier, où elles sont exposées à une chaleur douce qui ne puisse nuire aucunement à la feuille. Les planches sont ensuite remises aux *torcheuses*.

Ce sont des femmes, comme les récureuses,

placées devant des bancs ou caisses remplies de son. Chaque torcheuse est munie d'un peloton d'étoffe avec lequel elle frotte dans tous les sens les feuilles tiédies. La première femme, appelée torcheuse en noir, enlève grossièrement le suif et remet la feuille au four à tiédir; la seconde, nommée torcheuse en blanc, la reprend du four et frotte également la feuille déjà dégraissée; les feuilles repassent par les mains d'une troisième femme, ou torcheuse en fin, qui achève de les lustrer en les nettoyant à fond avec de la farine ou du blanc d'Espagne en poudre.

Après ces diverses manipulations, on procède au *planage* des feuilles. L'étameur en saisit une certaine quantité qu'il pose sur un gros billot de bois, et, à l'aide d'un maillet de même nature, il les frappe sur les bords, les retourne et frappe de nouveau. Puis, les feuilles sont pesées par paquet et par 25 paires ou 50 feuilles; on forme des caisses et on les livre au commerce.

Chaque étamage est de 1800 feuilles environ; il dure près de 9 heures et consomme 50 kilog.

La consommation en étain varie avec les formats; celui de 12 pouces emploie 13 kilog. d'étain. Il suffit de deux livres par chaque étamage, et de 2 boisseaux de son.

La fabrication du fer-blanc en Angleterre diffère de celle que nous venons de décrire : on trempe d'abord les feuilles dans une cuve remplie de suif, et on les y laisse une heure à peu près; en les sortant de là on les jette dans la cuve d'étain au nombre de 340, et on les y abandonne pendant une heure et demie. La durée de ce

Digitized by Google

bain, au surplus, dépend de circonstances que l'étameur sait apprécier.

Les feuilles sont ensuite mises sur les châssis, l'étain découle, et pour enlever le bourrelet qui se forme, on a recours au *lavage* que nous avons décrit. Ces diverses opérations se terminent par le dégraissage entre les mains de jeunes garçons qui, partout en Angleterre, remplacent les torcheuses.

Les caisses de fer-blanc se composent, en France, de 300 feuilles dont le poids varie suivant le format et l'épaisseur. Le fer mince pèse 125 livres (61 kilog.) la caisse; le fer moyen, 150 livres (73,40 kilog.); le fer fort, 175 livres (85,6 kilog.), lorsque le format est de 12 pouces. Celui de 13 pouces pèse 215 livres (105,25 kilog.) et n'est que d'une épaisseur, ainsi que celui de 14 pouces qui pèse 270 livres (132,15 kilog.). Le format de 15 pouces pèse 305 livres (149,30 k.); celui de 18 pouces ne s'encaisse pas ordinairement. Ces poids sont indépendans de la caisse.

En Allemagne, on désigne le fer-blanc par les lettres XX, X, F, S et A, qu'on écrit sur les caisses; la lettre A désigne la qualité inférieure, le rebut; les deux lettres F et S le fer-blanc mince; les lettres XX et X les feuilles épaisses. Les caisses marquées de ces deux derniers caractères contiennent 225 feuilles; celles marquées F et S, 300; deux caisses font un tonneau. Généralement les feuilles ont 12 ½ pouces sur 9 ¼ du Rhin (12 pouces sur 8 pouces 11 lig.).

En Silésie, on fait trois espèces de fer-blanc; les petits échantillons marqués F ont 12 ¼ pouces sur 9 ¼ pouces du Rhin; la seconde espèce a

13 $\frac{5}{8}$ pouces sur 9 $\frac{1}{4}$; la troisième, appelée fer-blanc des pontons, et qui porte la marque D, a 15 pouces sur 11 $\frac{1}{2}$. (1)

Les subdivisions en Angleterre sont bien autrement nombreuses; elles sont toutes basées sur des différences de poids et calculées avec le plus grand soin. Voici les dénominations des trois sortes de caisses le plus généralement placées dans le commerce.

Caisse de 100 *feuilles*, 16 $\frac{1}{4}$ *pouces sur* 12 $\frac{1}{2}$. (2)

	Hundred,	quarters,	pounds.
Double common, pesant..	0	3	14 (3)
Idem X.............	1	0	14
Idem XX	1	1	7
Idem XXX..........	1	2	00
Idem XXXX.........	1	2	21

Caisse de 200 *feuilles*, 15 *pouces sur* 11.

	Hundred,	quarters,	pounds.
SD *Small double common*, p.	1	1	27 (4)
S D X.................	1	2	20
S D XX...............	1	3	13
S D XXX..............	2	0	27

(1) Le pouce du Rhin = 2,615446 centimètres; le pouce Français = 2,706995; un pouce du Rhin = 11,594 lignes de France.

(2) Le pied anglais (*foot*) = 0,305 mètres = 11 pouces 3,07 lignes de France.

(3) Le pound, ou livre anglaise = 453,025 gramm.

(4) Le *hundred* anglais = 4 *quarters*, ou 50,760 kil.; le *quarter* ou 2 *stones* = 28 *pounds*, ou 12,690 kilog.; le *pound* ou livre anglaise = 453,025 grammes.

Caisse de 225 feuilles 13 ¼ pouces sur 10.

	Hundred,	quarters,	pounds.
I X *Cours*, pesant.....	1	1	00
I XX	1	1	21
I XXX................	1	2	14
I XXXX...............	1	3	7
H *Cours Heavy*..........	1	0	7
H X	1	1	7
2 *Cours* 13 ¼ sur 9 ¼......	0	3	21
2 X..................	1	0	21
3 *Cours* 12 ¼ sur 9 ¼.....	0	3	14
3 X..................	1	0	14
Mixted Wasters (rebuts)..	1	0	12

SECTION V.

DE LA TRÉFILERIE.

On donne le nom de tréfilerie à des établissemens dans lesquels on étire le fer pour l'amener à des échantillons de très petite dimension.

Dans l'ancienne manière d'étirer, celle du marteau, il était impossible de produire du fer rond d'un petit diamètre au-dessous de 6 lignes; pour obtenir celui de 6 à 9 lignes il fallait un martineur très intelligent, encore remarquait-on de temps en temps dans les barres des inégalités et des difformités très considérables. Ce n'est que depuis quelques années qu'il a réussi à quelques maîtres de martinets, de forger des rondins parfaitement égaux et uniformes. Néanmoins le haut prix d'une pareille fabrication devait bientôt la faire abandonner.

Les laminoirs peuvent produire du fer rond de 2 lignes de diamètre, mais il est impossible, au-dessous de cette dimension, de réunir avec exactitude les deux demi-circonférences des cannelures. Il faut donc avoir recours à un autre procédé, et ce procédé est celui des *filières* employées dans les tréfileries.

On appelle filières des bandes de fer plat de 2 à 3 pieds de long, de quelques pouces de large et d'un pouce à peu près d'épaisseur, dans laquelle sont percés des trous coniques disposés en échiquier et échelonnés par diamètre, de manière que le dernier soit égal au fil qu'on désire obtenir.

Les trous des filières doivent avoir une grande dureté pour ne pas s'user à la longue et pour donner au fer filé une beauté et une perfection remarquables. C'est pour cela qu'on garnit la partie la plus étroite de la filière d'acier sauvage fabriqué par un procédé particulier. On remplit une boîte de morceaux de cet acier qui, ainsi que nous l'avons dit, se rapproche beaucoup de la fonte; on chauffe cette boîte devant la tuyère d'un feu de forge, en la recouvrant d'un linge trempé dans de l'eau argilée. Lorsque cet acier est devenu pâteux, on l'étire, on le laisse refroidir et on en forme des filières. Il est plus avantageux de rendre la filière très dure, sauf à l'adoucir en la recuisant sous une couche d'argile; il serait impossible de remédier à une filière qui serait trop douce.

On perce les filières à chaud avec des poinçons d'Allemagne; on change de poinçons en commençant par la partie la plus large du cône, et continuant avec des poinçons dont la gros-

seur diminue à mesure qu'on avance. Ce procédé a l'inconvénient d'obliger à remettre plusieurs fois la pièce au feu. Il serait beaucoup plus convenable de commencer avec le foret et de percer à froid; on pourrait alors achever la filière en ne chauffant qu'une fois. Pour traverser l'acier qui forme la troncature du trou, on le porte à la chaleur rouge avec un poinçon conique qui sert à plusieurs trous. La dimension de ce trou est donc soumise au coup d'œil plus ou moins sûr de l'ouvrier, ce qui, dans quelque genre de travail que ce soit, est toujours un mal. Il serait plus prudent d'avoir pour chaque différent trou un poinçon cylindrique du calibre voulu.

Il y a trois choses à observer dans le travail des filières : leur dureté, la rondeur des trous, et la précision du calibre. Si l'opération que nous avons décrite est faite avec sagacité, le trou est assez dur, et l'acier conserve toute sa force. Des filières en fonte blanche réussiraient également. A Londres, M. Brokedon fait passer son fil de fer dans des trous pratiqués dans du diamant ou des pierres dures; aussi peut-il faire entrer son fil par le petit côté du cône, au lieu de filer par le grand côté, ainsi que cela se pratique généralement avec les filières métalliques : ce procédé lui donne des résultats bien meilleurs.

Quant au calibre des trous, il diminue dans la plupart des usines, suivant une progression géométrique dont la raison est 0,87. Ce rapport, beaucoup trop faible, donne lieu à des ruptures, à des déchets et à beaucoup d'autres inconvéniens; il serait bien plus avantageux de le faire de 0,972 ; cette disposition entraînerait un plus grand nombre de trous pour arriver au même

résultat, mais le fil y gagnerait en beauté, en qualité et en quantité. C'est ici surtout qu'il faut avoir égard au plus ou moins de dureté du fer qui doit être étiré aux filières, à sa ténacité, et enfin à une foule d'autres conditions qui, dans les autres fabrications, passent inaperçues, mais qui sont ici d'une importance extrême. Aussi ne prétendons-nous pas donner de règle générale sur la progression de ces filières; le calibre des trous doit varier suivant la qualité du métal qu'on doit filer.

Le fer cassant ne peut être passé aux filières; le fer fort et dur s'étire difficilement, et, s'il a des dispositions à s'aigrir, il ne peut l'être avec la même vitesse que le fer nerveux. Le fer mou est celui qui se travaille le mieux et attaque le moins la filière; mais le fer tenace est le seul qui donne un bon produit. Ainsi, le métal qui est à la fois tendre et tenace réunit toutes les qualités convenables pour la filerie.

Le fer laminé est sujet à des solutions de continuité, après avoir passé à la filière; la verge crénelée dont on se sert dans beaucoup d'endroits, et qu'on nomme *forgis*, produit des pailles et des fentes; le fer fendu se rompt facilement; mais le fer affiné au charbon de bois et martiné, ou mieux encore laminé après coup, est préférable à tous les autres.

Il est possible cependant d'étirer toutes les espèces de fer, mais il faut user du ménagement qui convient à chacune. Si l'on passe immédiatement d'une filière à une autre, sans que la différence des deux diamètres soit proportionnée à la qualité du métal, le fer s'aigrit et le fil perd son élasticité. La vitesse avec laquelle on doit étirer

les numéros est une autre condition qui, ainsi que le calibre des filières, est basée sur le plus ou moins de ténacité, le plus ou moins d'aigreur du métal. Un fabricant doit faire à cette vitesse une grande attention; mais malheureusement, comme elle varie pour chaque localité, il est bien difficile d'établir une théorie régulière pour la tréfilerie. La vitesse dépend de la grosseur du fer avant le tirage, et du calibre qu'on veut obtenir (1); de la température du métal et de l'étirage qu'il a reçu préalablement. Si le fil a déjà passé plusieurs fois à la filière, sa texture acquise le rend plus propre à s'étendre en longueur; on peut donc augmenter plus facilement la vitesse du fil mince que de celui qui passe aux premières

---

(1) La vitesse est en raison inverse de la dimension du fer qu'on doit étirer, et en raison directe de celle du fil qu'on veut obtenir.

Soit le carré du diamètre du premier $= a$; celui du deuxième $= b$; V $=$ la vitesse: $V = \frac{M\,b}{a}$, si on veut étirer le fil $\sqrt{a}$ au diamètre $\sqrt{b}$; $V = \frac{M\,X}{a}$, s'il s'agit de l'étirer au diamètre $\sqrt{X}$. Le rapport de ces deux équations est $\frac{V'}{V} = \frac{X}{b}$ ou $V' = V\,\frac{X}{b}$. Ainsi V étant connu, on trouverait facilement la vitesse nécessaire pour tirer $\sqrt{a}$ à un calibre donné, en une seule fois.

Soit par exemple $a = \sqrt{10}$, $b = \sqrt{9}$, $V = 6$; si $V' =$ la vitesse qu'il faut donner au fer $\sqrt{10}$ pour l'amener au diamètre $\sqrt{n}$, on aura $V' = 6\,\frac{n}{9}$.

filières, d'autant mieux que le frottement des fils de petits échantillons dans le trou conique leur donne une espèce de recuit.

Le fil qui a passé à la filière s'aigrit comme s'il avait été écroué; il prend du nerf, mais ses fibres sont peu cohérentes, et les probabilités de rupture augmentent aux premiers trous. Bientôt, à la vérité, elles diminuent, mais on ne pourrait continuer de filer sans que le fer ne perdît rapidement sa ténacité. On est donc obligé de lui donner des recuits, dont le nombre dépend entièrement de la dureté du métal.

Il est important de garantir de l'oxidation le fil qu'on veut recuire. Cette attention est surtout nécessaire pour les échantillons minces; ceux-ci, lorsque le diamètre est très faible, demandent à être recuits dans des vases clos. Quant aux diamètres plus forts, on peut les chauffer dans un four ordinaire au milieu des charbons; mais il serait bien préférable d'adopter, pour tous les calibres, le procédé des vases hermétiquement fermés, parce qu'il est toujours très difficile d'en nettoyer la surface.

L'ouvrier chargé d'enlever l'oxide qui résulte du chauffage en contact avec l'air atmosphérique, porte le nom d'*écrieur* ou d'*ébroudeur;* il commence par battre avec un maillet de bois les paquets de fil de fer, et il enlève ensuite ce qui reste, en frottant les fils avec une toile écrue et du grès pilé.

A mesure que le diamètre du fil diminue, les recuits deviennent plus rares; le chauffage est aussi moins long, car il faut moins de chaleur pour élever leur température. Les difficultés du tirage diminuent donc à mesure que le travail

Digitized by Google

avance, et le métal prend de l'élasticité et du corps.

On a soin de préparer et forger la pointe des gros fils avant de les engager dans le trou de la filière. On doit donc avoir, à cet effet, une forge à main dans laquelle on puisse les faire chauffer. On refait leurs pointes à chaque recuit, parce qu'elles se déforment plus ou moins pendant le chauffage.

C'est un usage assez avantageux que celui de certaines usines qui donnent un recuit aux forgis avant de les faire passer dans le premier trou conique. Les angles saillans de ces barres fatiguent singulièrement la filière, et la détériorent en très peu de temps. Le meilleur moyen d'obvier à cet inconvient consiste à les passer, avant tout, dans un laminoir à cannelure ronde. Il faut, autant que possible, éviter de multiplier les chaudes, parce que l'acier des filières s'altère à la longue, et se ramollit quelquefois.

Pour diminuer le frottement qui a lieu dans le tirage, on graisse les trous des filières avec du suif ou de l'huile. Quelques fabricans appliquent aussi à la filière un sachet ou linge rempli de graisse, à travers lequel passe la verge qu'il s'agit de tirer; par ce moyen, ils refroidissent l'ouverture conique, en même temps qu'ils facilitent le passage du fil dans cette ouverture.

On trouve, dans le *Technical Repository* (1), une notice sur un moyen fort ingénieux de rendre plus facile le passage du fer à travers la filière. Nous copions le peu de lignes qui en ont

(1) Tome VII, page 161.

été traduites dans les *Annales des Mines* de 1826. (1)

« Un fabricant de fil de fer et d'acier a re-« connu, dans le cours de divers essais auxquels « il s'est livré, que du fil qui avait été plongé « dans une liqueur acide dont on avait élevé la « température par l'immersion d'un lingot de « cuivre très échauffé, passait ensuite par les « trous de la filière avec une facilité remarqua-« ble, et cela en raison de la précipitation d'une « portion du cuivre de la dissolution sur sa sur-« face; ce fil n'a plus besoin d'être recuit aussi « souvent qu'auparavant, sans doute parce que « le cuivre empêche le déchirement de la super-« ficie du fer par la filière. En conséquence de « ce fait, le fabricant continue de se servir d'une « faible dissolution de cuivre, pour faciliter le « tirage du fil de fer et de l'acier. La légère cou-« che de cuivre qui le recouvre est entièrement « enlevée dans le dernier recuit. »

On donne plus particulièrement le nom de *tréfileries* aux usines où l'on fabrique du fer de gros diamètre, et celui de *tireries* à celles où l'on tire du fil de petit échantillon. Dans les premières, on se sert de *tenailles*, qui se meuvent sur un banc à tirer, s'ouvrent d'elles-mêmes en avançant pour saisir le fil, le prennent et le serrent dans leur mouvement rétrograde. Dans les tireries, on remplace les tenailles par des *bobines*, ou petits cylindres tournans, sur lesquels le fil s'enroule à mesure qu'il sort de la filière.

Les tenailles laissent sur le fil des traces de

(1) Tome XII, p. 248.

Digitized by Google

l'effort qu'elles ont fait pour tirer le fil de fer, tandis que les bobines lui conservent toute la régularité qu'il a acquise en sortant de la filière: celles-ci sont donc préférables sous ce rapport. On ferait bien de substituer partout ces ingénieuses machines à l'ancien procédé de tirage aux tenailles, qui est presque entièrement abandonné en Angleterre.

Il est évident que les tenailles et les bobines doivent avoir des vitesses proportionnelles à la finesse du fil. Quant aux tenailles, cette progression rigoureuse serait impossible, mais on y supplée par des bobines qui tournent à bras d'homme, et sont soumises aux variations qu'on juge nécessaires.

Le fil est ordinairement livré au commerce en bottes de divers poids, ou les petits échantillons sur leurs bobines. Quelquefois cependant, et pour certaines manipulations, il a besoin d'être redressé. On emploie à cet effet divers procédés; l'un des plus ingénieux est sans contredit celui que MM. Mouchel frères mettent en usage dans leur établissement de l'Aigle, et qu'ils ont décrit dans le vingt-deuxième volume du *Journal des Mines*.

Le déchet donné dans cette fabrication n'excède pas 12 pour cent; il dépend d'ailleurs de la grosseur du fil à étirer; quelquefois il n'est que de 1 à 2 pour cent.

Le fil doit avoir une parfaite égalité dans toute sa longueur; il faut qu'il ait une telle souplesse, qu'on puisse le plier et le replier à plusieurs reprises, sans occasionner ni ruptures ni fentes. La dureté et l'élasticité parfaite sont encore une des qualités les plus précieuses de ce produit.

Chaque pays a sa manière particulière de désigner les diverses espèces de fils ; aussi, ne peut-on donner aucune comparaison entre les diamètres. En France, on les désigne par des numéros. Les fils de tréfilerie portent ceux de 20 à 30, suivant leur diamètre ; les fils de tirerie de 19 à 1, au-dessous duquel est le *passe-perle ;* les numéros au-dessous de celui-ci vont en augmentant avec leur finesse jusqu'au n° 12, dont un kilogramme possède la longueur de 10,000 mètres.

Le tableau ci-joint est emprunté à la Sidérotechnie d'Hassenfratz ; il offre toutes ces dénominations, en même temps que le poids de 100 mètres de chacun des fils et la longueur d'un kilogramme pesant.

Numéro des fils.	Diamètres exprimés en millimètres.	Poids de 100 mèt. de long.	Longueurs de 1 kilog.
		kilogr.	mètres.
30	14,00	115,500	0,64
29	12,50	92,072	1,08
28	11,00	71,303	1,40
27	9,65	54,706	1,80
26	8,55	42,763	2,30
25	7,70	34,916	2,80
24	7,00	28,875	3,40
23	6, 5	23,838	4,20
22	5,70	19,611	5,10
21	5,10	15,321	6,50
20	4,50	11,877	8,40
19	3,90	8,580	11,60
18	3,40	6,429	15,60

Numéro des fils.	Diamètres exprimés en millimètres.	Poids de 100 mèt. de long.	Longueurs de 1 kilog.
		kilogr.	mètres.
17	2,90	4,950	20,20
16	2,50	3,667	27,50
15	2,20	2,852	35,00
14	1,98	2,381	42,00
13	1,80	1,905	52,40
12	1,64	1,596	62,70
11	1,56	1,324	75,50
10	1,38	1,169	85,50
9	1,27	0,949	105,40
8	1,17	0,819	122,00
7	1,09	0,700	143,00
6	1,02	0,612	163,00
5	0,95	0,533	187,00
4	0,88	0,468	213,00
3	0,81	0,386	259,00
2	0,74	0,332	301,00
1	0,68	0,272	364,00
Passe-perle.	0,62	0,226	442,00
0	0,56	0,187	533,00
1	0,51	0,152	658,00
2	0,46	0,128	785,00
3	0,415	0,105	952,00
4	0 37	0,086	1162,00
5	0,33	0,068	1470,00
6	0,29	0,053	1887,00
7	0,25	0,043	2326,00
8	0,22	0,034	2941,00
9	0,20	0,027	3704,00
10	0,185	0,020	5000,00
11	0,17	0,015	6066,00
12	0,16	0,010	10000,00

SECTION VI.

FABRICATION DES AIGUILLES.

Quoique l'art de l'aiguillier ne fasse pas partie des connaissances nécessaires au maître de forges, nous croyons cependant devoir en donner une description succincte afin de ne pas laisser en arrière une industrie qui emploie exclusivement le fer pour première matière, et qui a donné aux Anglais une supériorité justement acquise. Tout le monde se rappelle la célébrité des aiguilles de *White Chappel*, et on ne se souvient pas sans douleur des belles fabriques du département de la Roër.

Nous ne possédons en France qu'une seule usine où l'on fasse des aiguilles; elle est située à l'Aigle (Orme), et appartient à MM. Marchand et Vanhoutens. Cet établissement rivalise avantageusement avec les belles fabriques de l'Allemagne, et marche sur les traces de celles de l'Angleterre.

Le fil d'acier nécessaire à la fabrication des aiguilles doit être d'une qualité supérieure, d'une flexibilité fort grande et d'une dureté extrême. Chauffé dans un four et pressé entre les doigts, après la trempe dans l'eau froide, il doit *casser sec*. Il est alors propre au travail des aiguilles anglaises; il reste à le calibrer et à s'assurer qu'il est égal dans sa longueur et parfaitement cylindrique.

Les fils une fois choisis, on les coupe de la longueur de deux aiguilles, et on les redresse sur un banc destiné à cette opération, puis on les porte à l'aiguiserie, où l'ouvrier aiguiseur forme la pointe en les plaçant sur des meules de grès et imprimant aux fils un mouvement de rotation à l'aide d'un doigtier de peau épaisse; les fils sont ainsi appointés par les deux bouts et renvoyés au premier atelier, où on les coupe en deux.

Les aiguilles ainsi coupées sont portées à l'aplatisseur et placées dans des boîtes de bois ou de fer. Ce dernier ouvrier en prend une certaine quantité, les étale entre ses doigts de manière à former un éventail et à serrer les pointes entre le pouce et l'index, puis il place les têtes sur une petite enclume d'acier, et les aplatit avec un marteau à panne unie. Cette opération s'appelle *palmer*.

On est obligé, avant de percer et pour éviter que les têtes ne se fendillent, de les recuire dans un four particulier, d'où on les retire bientôt pour les laisser refroidir lentement.

Les têtes ainsi recuites sont poinçonnées, c'est-à-dire frappées à l'aide d'un poinçon et percées d'après des dimensions convenues. Cette opération est ordinairement faite par des enfans, qui portent le nom de *marqueurs*.

Le marquage s'opère en plaçant l'aiguille sur une enclume et sur son côté plat, y appliquant un poinçon et frappant un coup sec de marteau; puis on retourne l'aiguille sur son autre côté, et on frappe encore le poinçon de manière à rencontrer le trou commencé par le côté opposé. Il reste alors dans l'ouverture un petit morceau

d'acier qu'il faut en détacher : c'est l'affaire du *troqueur*.

L'enfant préposé à ce travail enlève le petit morceau d'acier en plaçant la tête de l'aiguille sur un billot de plomb, et poinçonnant de nouveau; puis il revient sur une enclume d'acier, frappe le poinçon dans le trou de l'aiguille, et donne ainsi à l'*œil* la forme qui lui est destinée.

Rien de plus adroit que les petits ouvriers chargés des opérations du marquage et du troquage : il n'est pas rare de leur voir percer ainsi un cheveu des plus fins, et de faire ensuite passer un autre cheveu à travers cette ouverture.

La tête étant percée, un *évideur* la saisit à l'aide d'une pince à bride, place l'aiguille sur son plat, trace avec une lime une coulisse longitudinale, retourne et forme de l'autre côté une semblable cannelure ; la tête est ensuite arrondie, et l'évidage se trouve ainsi achevé.

Dans quelques fabriques, et notamment en France, dans l'usine de l'Aigle, les aiguilles sont cannelées par une pression qui agit également sur les deux côtés de la tête; le poinçonnage est aussi opéré à l'aide d'une machine qui perce 10,000 aiguilles par jour, tandis qu'un ouvrier ne peut en percer que 1500 à la main.

Les opérations que nous venons de décrire forment ensemble le façonnage de l'aiguille; elles exigent une grande habitude et une certaine adresse de manipulation. Une fois terminées, les aiguilles sont réunies en tas et soumises à l'inspection d'un contre-maître, qui rejette toutes celles informes et mal exécutées, et paie les ouvriers sur le poids de celles qui sont admises.

On procède ensuite à la trempe.

Un ouvrier dispose les aiguilles sur des platines de tôle, parallèlement les unes aux autres, et au nombre de 8 à 10,000; ces platines sont portées dans un fourneau à réverbère d'une forme particulière, et placées au-dessus de la flamme du feu : on leur fait ainsi prendre la couleur rouge-cerise pour les aiguilles d'une certaine dimension, mais on retire celles fines avant qu'elles soient arrivées à cette température.

Il est important de les laisser tomber une à une dans le baquet où s'opère la trempe. En Angleterre, on les plonge dans un bain de plomb fondu et chauffé au rouge : on croit trouver ainsi plus d'uniformité dans l'opération; la trempe à l'eau a l'inconvénient de *crasser* les aiguilles, et exige un éclaircissage dans une toile qu'on fait rouler sur la table.

Les aiguilles trempées à l'eau froide sont aigres et cassantes; il faut leur donner un recuit dans un fourneau, où elles sont sans cesse remuées, et où elles se déforment le plus souvent, ce qui force à les porter au redressage.

Après les manipulations que nous venons de décrire, il reste à soumettre les aiguilles à l'opération du polissage, ce qui s'exécute à l'aide d'un émeri ou d'une pierre réduite en poudre fine et impalpable. Les Anglais emploient, pour cette opération, un schiste argileux qu'ils appellent *rotten stone* (*pierre pourrie*); plusieurs schistes quartzeux et micacés peuvent convenir à cet usage.

Sur de larges bandes de toile repliées les unes sur les autres, on étend une couche de l'émeri en poudre, et immédiatement au-dessus une couche plus épaisse d'aiguilles : on répète jus-

qu'à cinq ou six fois ces lits alternatifs d'émeri et d'aiguilles ; on termine par une couche de poussière d'émeri, et enfin l'on verse sur le tout un peu d'huile de colza.

On roule ensuite la toile qui renferme les couches, et on en forme un rouleau que l'on serre fortement avec de la ficelle, en ayant soin d'étrangler les deux extrémités du rouleau : on prépare ainsi plusieurs pièces cylindriques, et on les porte à la machine à polir.

Cette machine se compose de plusieurs tables planes, entre lesquelles on place les rouleaux pour leur faire subir une pression, et auxquelles on imprime un mouvement de va et vient. L'ouvrier chargé de la surveillance des tables doit avoir soin d'en régler la vitesse, de manière à ne pas trop échauffer les rouleaux et à ne pas détremper les aiguilles.

Après un jour et demi de polissage, les rouleaux sont déployés et les aiguilles se trouvant couvertes d'une matière épaisse, grasse et noirâtre, il faut procéder au nettoyage.

C'est ce qui s'exécute dans un cylindre horizontal, tournant sur son axe et rempli, en partie, de sciure de bois. Les aiguilles y sont jetées pêle-mêle et retirées quelques instans après pour être vannées dans un vase de cuivre, puis on en forme de nouveaux rouleaux de la manière que nous avons déjà dite; on les porte au moulin à polir ; on les fait tourner entre les tables mobiles, et on les retire, après dix-huit heures, pour les nettoyer de nouveau. Ces opérations se répètent autant qu'on le juge nécessaire pour le polissage : à la dernière seulement, on évite de former le rouleau avec de l'émeri, et on l'arrose simple-

ment d'huile ; il ne doit rester alors que cinq à six heures dans le moulin à polir.

Les aiguilles se dégraissent en les roulant avec du son dans des toiles, et les plaçant entre les tables, où elles sont pressées pendant quelques heures : on les cylindre encore, on les vanne ; enfin, on les arrange et on les essuie avec des linges et une à une.

On calcule assez généralement que, par ces opérations et surtout par celle du polissage, on perd 10 pour 100 d'aiguilles qui se trouvent cassées ou épointées ; 2 à 5 pour 100 seulement sont courbées et reportées au redressage. Le prix de la main-d'œuvre est tel qu'il va suivre :

Coupage des aiguilles, par mille...	0 f.	30 c.
Appointage....................	0	10
Palmage et marquage...........	0	10
Troquage.....................	0	10
Evidage......................	0	20
Ensemble....	0	80

Une fois les aiguilles polies, il faut procéder au triage.

On détourne d'abord toutes les pièces, c'est-à-dire qu'on les place toutes la tête du même côté, et c'est alors qu'on sépare celles qui se trouvent cassées, épointées ou défectueuses ; celles qui sont bonnes sont étalées sur une table, visitées de nouveau et séparées d'après la beauté du poli qu'elles ont acquis : les aiguilles dont la pointe est émoussée sont portées à la meule, celles qui sont courbées sont redressées sur un enclumeau de bois, avec un marteau de même matière.

Le dernier triage consiste à les séparer par

longueurs et à les placer en trois tas différens, suivant leurs dimensions.

Alors on commence l'opération de l'empaquetage. Elle a lieu dans un papier fait exprès et qui ne laisse point pénétrer l'humidité si nuisible à cette fabrication. On profite de ce travail pour achever les pointes et les affiner à la petite meule ; puis, on ferme les paquets qui sont de 25, 50 ou 100 aiguilles, et on applique dessus le N° et la marque du fabricant.

Quelquefois on fait les aiguilles avec du fil de fer de préférence au fil d'acier, et on les cémente ensuite dans des caisses ou des creusets, ainsi qu'on le pratique pour la conversion du fer en acier. On s'assure à l'aide d'un fil ou d'une aiguille d'épreuve des progrès de la cémentation, et on cesse l'opération aussitôt que ce fil ou cette aiguille, plongés dans l'eau, est sans tache et casse net et facilement.

Google

VOCABULAIRE

POUR SERVIR A L'INTELLIGENCE DE TOUS LES TERMES USITÉS EN MÉTALLURGIE ET EMPLOYÉS DANS LE MANUEL DU MAÎTRE DE FORGES.

A.

Abrasa, allumer, terme du comté de Foix.
Abrasa le foc, allumer le feu.
Acerer, souder de l'acier avec du fer.
Acier, proto-carbure de fer, fer carburé.
— *naturel*, obtenu du minerai.
— *de cémentation*, obtenu en chauffant le fer, au milieu du charbon, dans des vases clos.
— *fondu*, acier de cémentation rendu plus homogène par la fusion.
— *damassé*, acier fondu dont la surface est comme moirée.
— *wootz*, acier damassé qui est préparé à Bombay.
— *Poule*.
Aciérie, fabrique d'acier.
Adoucir l'acier, le rendre plus malléable.
— *la fonte*, la rendre plus coulante.
Aérolithes, pierres météoriques composées de substances métalliques et terreuses.
Affinage, purification du métal.
— *immédiat*, moyen d'obtenir du fer pur immédiatement avec le minerai.
— *de la fonte*, procédé de décarburation de la fonte pour en obtenir du fer.

Affinage du fer, action de rendre le fer pur.
— *à l'allemande*, dans des feux de forges.
— *par masse* (Butschmiede), affinage allemand à deux fusions.
— *wallon*, opéré sur des pièces d'un moindre volume.
— *de Styrie* ou *styrio-wallon*, affinage wallon sur des loupes d'un plus gros volume.
— *de Siegen*, même affinage sur des loupes de 200 kilog.
— *osemunde*, espèce d'affinage wallon.
— *bergamasque*, affinage de fonte sous forme de saumons, de plaques, ou même de grenailles.
— *de Bohême et de Moravie*, affinage bergamasque sans addition de scories riches.
— *anglais*, dans des fours à réverbère à l'aide de la houille brute.
Affinerie, usine où l'on affine le fer.
Affineurs, ouvriers qui affinent le fer.
Affinité chimique, force qui tend à combiner les molécules de nature différente.
Agaffat, terme des Pyrénées. *Mene agaffade*, mine agglutinée.
Age des terrains, époque de la formation des roches.
Agreyeur, ouvrier qui étire le fil de fer avec des tenailles.
Agrou, terme des Pyrénées, sorne.
Aigreur, qualité du fer cassant.
Aiguiserie, usine où l'on aiguise des objets en fer.
Ailes, terme des Pyrénées, irrégularités du massé.
— *Alets*, aubes de roues.
Aire, surface, sol uni.

Aire du creuset, fond vertical opposé à la tympe.
— *d'enclume*, partie supérieure de l'enclume.
— sole des fourneaux.
— du marteau, côté qui frappe.
Aléser, unir la surface intérieure d'un cylindre.
Alésoir, foret qui sert à aléser.
Allemandrie, usine dans laquelle on étire les forgis en gros fil.
Allure, manière de se comporter d'un fourneau à cuve.
Alterat, terme des Pyrénées. *Le foc va alterat*, le feu est trop ardent.
Aluca, terme des Pyrénées, allumer.
Alumine, base de l'alun, terre argileuse pure.
Aluminium, base de l'alumine, métal.
Alun, sel neutre, sulfate d'alumine. Sert à décaper.
Amas, manière d'être des minerais dans la terre.
Ame d'un soufflet, soupape par laquelle l'air s'introduit dans le soufflet.
Aménager les bois, exploiter, débiter les bois.
Ampoule de l'acier, bulles qui se remarquent à la surface de l'acier.
Analyse, décomposition par la voie humide pour connaître les substances qui forment un corps quelconque.
Ancre, fer qui retient les massifs des fourneaux.
Anels, anneaux qui servent à serrer les tenailles.
Anémomètre, ventimètre, instrument à mesurer le vent.
Anis, terme usité dans les Pyrénées pour désigner les mauvais minerais.
Anisié, terme du même pays, menus charbons, espèce de braise.

Anthracite, houille dénuée de bitume, combustible très fort en carbone, carbo-silicide.

Antimoine, métal blanc, brillant, fragile.

Appuis de fourchettes, traverses qui supportent les fourchettes des équipages de fenderie.

Arbélage, lame de fer aplatie pour la fabrication de la tôle.

Arbres des trompes, corps des trompes.

— *de roues*, arbres que les roues font tourner, axe des roues.

— *des ordons*, qui soulèvent les marteaux à l'aide de cames.

— *de bocard*, qui font jouer les pilons d'un bocard.

— *de patouillet*, qui sont armés de bras de fer pour agiter le minerai à mesure qu'il se lave.

Arbue, voyez *Erbue*.

Arcane, composition métallique qu'on emploie dans l'étamage.

Arceaux, petits arcs sur lesquels reposent les caisses de cémentation.

Argile, terre composée de silice et d'alumine.

Arrachement, travail du mineur.

Arsenic, substance métallique qui se dissipe dans le feu sous forme de fumée et laisse une odeur d'ail.

Arsénical (fer arsénical), fer combiné à l'arsenic.

Aspiration, action d'aspirer l'air; aspiration des soufflets.

Assortir les minerais, mélanger plusieurs espèces pour les traiter avec plus d'avantage dans les hauts-fourneaux.

Attaches des ordons, poteaux qui supportent l'ordon.

Aubes de roues, palette fixée aux coyaux sur la jante de la roue, qui reçoit l'impulsion de l'eau.

Auge, bassin destiné à recevoir de l'eau.

— *d'affinerie*, bassin en bois ou en fer, placé près des affineries.

— *de bocard*, bassin dans lequel a lieu le bocardage.

— *de roues hydrauliques*, bassins placés en guise d'aubes sur la jante des roues, et qui les font mouvoir par le poids de l'eau qu'ils contiennent.

Augets, auges de roues hydrauliques.

Aulne, *aune*, arbre à fleurs amentacées, mâles et femelles sur le même pied.

Avaler, brasser, patrouiller la fonte et la ramener devant la tuyère d'un feu d'affinerie.

Axe d'un fourneau, ligne qui passe par le milieu de la cuve.

B.

Bâche, petite caisse qui sert aux chargeurs de hauts-fourneaux pour introduire le minerai, ou le fondant dans le gueulard.

— *des scories*, auge dans laquelle on refroidit les scories.

Bacillaire, qui a la forme de baguettes.

Badours, tenailles moyennes.

Baisade, terme des Pyrénées, pièce qui sert à réparer l'aire de la panne du marteau.

Bajoux de soufflets, partie des côtés des caisses supérieures qui se prolonge jusqu'à la têtière.

Balancier des soufflets, pièce qui sert à soulever la machine soufflante.

Baleja, balayer, terme des Pyrénées, abattre avec un ringard les crêtes du massé.

Balejade, terme d'ouvriers, temps qui s'écoule depuis la fin de l'étirage jusqu'à ce que le vent soit arrêté.

Balayures de fonderie, bavures, restes de fontes ou de coulée ramassés sur le sol de la fonderie.

Banc de mouleur, banc sur lequel s'exécute le moulage des ouvrages dont les châssis sont maniables.

— *de forgeron*, sur lequel le forgeron s'assied pour forger au martinet.

— *de tréfilerie*, établi sur lequel s'étire le fil de fer.

— *de botteleur*, sur lequel les verges ou barres de fer sont réunies et liées en bottes.

— *des écureurs*, sur lequel on blanchit le fer-blanc.

Bandelette, fer en barres plates d'une dimension moyenne.

Banne, voiture à charbon de bois.

Banquette, voyez *Banc de forgeron*.

Banquettes, bandes de fer qu'on place derrière la plie des fourneaux à la catalane, pour soutenir une portion de la charge du côté du chio, et faciliter le chauffage.

Banquades, chevalets qui soutiennent le coursier de la roue à aube dans l'Arriège.

Baquet à laver le minerai.

Baril, tonneau pour l'emballage du fer-blanc et de la tôle.

Barres crénelées, barres qui contiennent les marâtres d'un haut-fourneau.

Bascule des soufflets, levier à deux branches.

Bascou, espèce de fourgon des Pyrénées.
Bas-fourneaux, fourneaux dont l'élévation n'excède pas quatre pieds.
Bâtards, voyez *Bidons*.
Batailles, murs élevés qui entourent le gueulard.
Batant, terme des Pyrénées, distance du soufflard au creuset.
Batterie, usine où l'on aplatit le fer pour faire de la tôle.
Battes de fonderie, instrument qui sert à comprimer le sable.
Battitures, écailles ou paillettes de fer qui se détachent pendant l'étirage.
Bec du soufflet, tuyau qui transmet le vent dans le fourneau.
Bécasse, sonde pour mesurer la descente de la charge dans le fourneau.
Bêche, pelle qui sert à remuer le sable dans les fonderies.
Bedel, terme usité parmi les mineurs de l'Arriège, pour désigner toute matière hétérogène qui sert de noyau aux grands blocs d'hématite.
Bergamasque, voyez *Affinage bergamasque*.
Bête, masse de fer qui se dépose dans les fourneaux.
Bezal, canal qui conduit l'eau aux forges catalanes.
Bidons ou *bâtards*, fer platiné considéré comme matière première dans les fonderies et les batteries.
Bigorne, enclume à bouts coniques.
Billot d'enclume, pièce de bois qui soutient l'enclume ; *stock* des Anglais.

Bismuth, demi-métal d'un blanc jaunâtre, dont la contexture intérieure paraît composée de cubes lamelleux.

Bira, retourner (Pyrénées). *Bira le massé su las palenques*, retourner le massé sur les ringards.

Blanchir la fonte, la décarburer par le mazéage, ou empêcher la formation du graphite par un refroidissement subit.

— *le fer-blanc*, essuyer le fer-blanc, après la mise au tain et le lavage.

Blettes, feuilles de fer minces détachées de la fonte à mesure qu'elle se fige.

Bleuir le fer, l'oxider au bleu.

Bleu de Prusse, prussiate de fer.

Bluettes de fer, étincelles, battitures.

Blutoir, tamis pour passer le sable de fondeur.

Bobines, cylindres de bois sur lesquelles on enroule le fil de fer ou le ruban de feuillard.

Bocard, machine pour briser et pulvériser les minerais et les scories.

Bocardage, emploi du bocard.

Bocqueur, ouvrier qui bocarde.

Boden, fonte de seconde fusion, qui a été décarburée.

Bogue, gros anneau de fer qui ceint le manche du gros marteau et est muni de deux pivots.

Bois, le plus jeune des combustibles et le moins chargé de carbone.

Bonde de bocard, morceau de bois qui bouche l'ouverture du bocard par laquelle le minerai doit sortir.

Botteler le fer, le lier en paquet.

Boring engine, nom anglais de l'alésoir.

Boring dust, limaille produite par l'alésage.

Bouchage, terre avec laquelle on bouche le trou de la coulée.

Bouche de la buse, extrémité de la buse.

— *de la tuyère*, son extrémité par où le vent sort.

Bouge des meules de charbon, couverture des meules.

Bouillonnement, espèce de fermentation produite par le courant d'air sur la fonte dans l'affinage.

Bouleau (*Betula*), arbre à fleurs amentacées, mâles et femelles sur le même pied.

Boulon, cheville en fer qui reçoit une clavette.

Bouque (Arriège), panne du marteau.

Bouquer, ancien terme, soigner le feu.

Bourlet, produit par l'étain qui coule et se fige sur les feuilles de fer-blanc qu'on place sur le châssis.

Bourdous (Pyrénées), pièces de fer pour réparer le marteau.

Bourrec, tuyau quadrangulaire de bois qui s'adapte au soufflard des trompes.

Bourres, parties de fer mal affinées qui se détachent du massé ou de la massouquette.

Boustis (Pyrénées), bouchon de paille qu'on place dans la tuyère pour intercepter le vent, lorsqu'on veut arrêter l'eau des trompes.

Boutas, réservoir pratiqué en tête du coursier.

Boutget (Pyrénées), canal de fuite.

Branloire, chaîne ou corde qui fait mouvoir le soufflet dans les forges de serrurier.

Bras d'une roue, les traverses recroisées qui la soutiennent.

Brasque, poussière de charbon.

Braser, souder avec du laiton.

Brasser la fonte, la pudler, la remuer avec des ringards.

Bresses, corbeilles qui servent à contenir le fer fort cassé dans les forges catalanes.

Brezian fin, acier d'Allemagne.

Bride, lien de fer plat.

Briques, pièces d'argile cuite qui servent à construire les fourneaux.

Bronze, alliage du cuivre avec l'étain.

Bronzer le fer ou l'acier, recuire à la couleur du bronze.

Bure des hauts-fourneaux, gueulard.

— *des mines*, puits.

Burin, instrument d'acier tranchant.

Buse, tuyau qui conduit l'air dans le fourneau.

— *du marteau*, sa panne.

C.

Cabaillé ou *Cavalier* (Pyrénées), vice du marteau qui est trop dominé par les cames.

Cabeil (Pyrénées), tête du mail ou marteau.

Cabessade (Arriège), petite masselotte.

Cabille (*Idem*), cheville.

Cadène, chaîne qui sert à lever les bascules des trompes.

Cadenas, serrure mobile qui s'accroche à volonté.

Cadenat, crochet de fer des Pyrénées, qui rattache la *tire* ou bielle à la *pourtanelle*, ou empellement de la huche de la roue à aubes.

Cadmie, dépôts de plomb et de zinc qui tapissent les parois de la cuve des hauts-fourneaux.

Cadres de bois, châssis placés autour des hauts-

fourneaux, dont la maçonnerie est remplacée par de la terre battue.

Cagneux, cylindres de bois avec lesquels on comprime le sable des moules.

Caisse à air, intérieur d'une machine soufflante, porte-vent.

Caisses de cémentation, dans lesquelles on place le fer à cémenter.

Calamine, carbonate de zinc natif.

Calcination, exposition à l'action prolongée de la chaleur.

Calcium, métal qui forme la base de la chaux.

Calibre, échantillon pour le moulage en terre.

Calotte, extrémité supérieure des meules de carbonisation.

Calorique, nom donné à la cause de la chaleur.

Came, alluchon qui sert à soulever un marteau, un bocard, etc. La courbe des cames du marteau est épicycloïde, celle des cames du bocard est circulaire.

Canal, espace dans lequel l'eau coule.

Canalettes, petits canaux qui versent continuellement de l'eau pour rafraîchir les tourillons.

Canaux d'évaporation, canaux pratiqués dans les fondations des hauts-fourneaux.

— *d'airage*, formés dans le double muraillement.

— *de refroidissement*, par lesquels l'eau coule sous la plaque de fond d'un creuset.

Candelles (Pyrénées), pieds des chevalets qui supportent le coursier.

Canon du bourrec, *Canon del bourrec*, base de la trompe.

Carbone, base des combustibles, diamant.

Carbonisation, procédé d'épuration d'un combustible.

Carbonate, sel formé par l'acide carbonique et une base salifiable.

Carbonique (acide), acide qui a pour base le carbone.

Carbure de fer, combinaison du fer avec le carbone. La plombagine est le per-carbure, l'acier forme le proto-carbure. La fonte est un carbure médium.

Carcas, restes de coulée dans le fourneau à réverbère.

Carrails, nom donné dans l'Arriège aux scories ou laitiers.

Carrillon, petit fer carré.

Cassage des minerais, réduction des minerais en petits morceaux.

Casse, poterie de fer battu.

Casserie, usine où se fabrique la casse.

Castine, fondant calcaire.

Catalane (forge à la), feu pour obtenir du fer par affinage immédiat.

Catin, feu de forge.

Caton, petit fer pour la tréfilerie.

Cave, nom donné dans l'Arriège au côté de rustine du creuset.

Cave à air, régulateur de machines soufflantes.

Caxadon, partie de l'ordon qui porte le tourillon de l'arbre, du côté opposé à la roue.

Cedat, acier naturel.

Cendres, résidu laissé par un combustible après la combustion.

Cément, charbon dont on se sert pour faire l'acier de cémentation.

Cémentation, action de cémenter.

Chabotte, pièce en fonte dans laquelle on fixe les enclumes.

Chalumeau, instrument à l'aide duquel on dirige par le souffle la flamme sur un corps quelconque.
Chambre de l'enclume, ouverture faite dans le stock pour recevoir l'enclume.
Chambrière, fourchette pour supporter les barres de fer, lorsqu'on les réchauffe.
Chape, manteau, couvercle d'un moule.
Chapelle d'un fourneau, partie du fourneau comprise entre la tympe et le gueulard.
Chapon, cale de la tuyère.
Chappe, pierre contre laquelle frappe le manche du marteau, et qui fait l'office d'un ressort.
Charbon, état d'un combustible dégagé de ses principales impuretés.
— *de terre*, nom impropre de la houille. On a donné le nom de charbon, dans cet ouvrage, au charbon de bois seulement.
Charbonnaille, menu charbon.
Charbonnière, usine où l'on carbonise le bois.
Charbonniers, ouvriers qui préparent le charbon.
Charcoal, terme anglais pour désigner le charbon de bois.
Charge, quantité de minerai, de charbon ou de castine jetée à la fois dans la cuve d'un fourneau, ou le feu d'une forge.
Chargement, action de verser les charges.
Chargeurs, ouvriers qui chargent.
Charme (*Carpinus*), arbre à fleurs amentacées, mâles et femelles sur le même pied.
Charnière, partie d'un couplet qui se meut autour d'une broche.
Charnon, se dit de chaque œil de la charnière.
Charrue, pioche qui sert à faire le moule de la gueuse dans le sable.
Chaude, chauffe donnée au fer.

Chauffage, action de chauffer.
Chauffe, foyer d'un fourneau à réverbère.
—, mise au feu.
Chaufferie, fourneau où l'on chauffe le fer.
Chauffeurs, ouvriers qui chauffent le fer.
Chauffure, mauvaise qualité que donnent certaines chauffes.
Chauma (Pyrénées), chômer.
Chaux, terre calcaire, oxide de *calcium*.
Chemin, route qui conduit à la plate-forme d'un haut-fourneau.
Cheminée de haut-fourneau, partie supérieure qui recouvre le gueulard et l'entoure.
— *intérieure*, cuve proprement dite.
— en général, conduit particulier pour laisser échapper l'air brûlé d'un feu ou d'un fourneau.
Chemise d'un fourneau, sa paroi intérieure.
— *d'un moule*, la pièce qui en forme le vide.
Chêne (*Quercus*), grand arbre de nos forêts, à fleurs amentacées, mâles et femelles sur le même pied.
Chevalet, châssis qui sert à soutenir les soufflets.
Chiffes, chiffons qui servent aux agreyeurs pour tirer le fil.
Chien, soufflet à chien.
Chio, laiterol, plaque de fonte percée pour la coulée.
—, trou du laiterol par lequel sort la fonte liquide.
Chlore, corps gazeux d'une odeur forte et suffoquante.
Chouquet, billot qui sert à rabattre les filières.
Chrôme, métal.
Cicogne, levier coudé appliqué à l'extrémité d'un treuil.
Cignole, manivelle de soufflets.

Cinglage, premier étirage de la loupe.
Cinglard, marteau de cinglage.
Cingler, étirer.
Cire, cire perdue employée pour faire les moules délicats.
Cisailler, couper avec les cisailles.
Cisailles, grands ciseaux.
Cisailleur, ouvrier qui coupe le fer aux cisailles.
Ciseau, instrument à couper le fer.
Cizel (Pyrénées), ciseau pour recouper la tuyère.
Claie, instrument pour passer les minerais et les charbons.
Clair, tirer les feuilles au clair.
Claires, fontes claires, les laver.
Clapet, soupapes des soufflets.
Claus (Pyrénées), coins de bois.
Clavettes, goupilles pour arrêter une cheville ou un boulon.
Clef, pièce principale d'une voûte.
Cloches, soufflets hydrauliques.
Clous, ustensiles à tête qui s'enfoncent par la percussion.
Cloutière, machine dans laquelle on fait la tête des clous.
Clouterie, usine où l'on fabrique des clous.
Cobalt, métal.
Cochon, masse de fonte qui s'affine dans le creuset, et finit par l'engorger.
Cograins, petites parcelles de fer qui s'attachent aux filières.
Coigneux, batte pour comprimer le sable des moules.
Coire, cuire (Pyrénées).
Coit, *Coite*, cuit, cuite.
Coke, résidu de la distillation de la houille.

Colcotar, substance qui reste au fond de la cornue qui a servi à distiller l'huile de vitriol.
Collet, extrémité du laminoir, près des tourillons.
Colonne d'eau, poids d'eau qui sert à supporter une pression.
Combustion, combinaison de l'oxigène avec développement de calorique.
Combustible, corps qui produit la combustion en s'oxidant.
Compression, rapprochement des molécules par le poids d'un corps.
Conches, bâches.
Conductricité, propriété d'être conducteur.
Conduire le nez, juger de l'allure du fourneau à la tuyère.
Conduits d'air des moules, évens.
Conduite du fourneau, la manière de l'alimenter.
Contre-empoise, pièce de fonte qui sépare les tourillons des cylindres de fenderie.
Contre-parois, face externe des parois.
Contre-pied, manche du marteau.
Contrevent, partie du fourneau opposée à la tuyère.
Coquilles, moule destiné à couler des boulets.
Corde, mesure du bois de chauffage.
Cornettes, brides.
Corps, propriété nerveuse du fer.
Corrond, extrémité d'une barre dont l'étirage n'est pas achevé.
Corroyage, réunion de barres plates en trousse.
Corroyer, faire le corroyage.
Costières, pierres qui composent le creuset d'un fourneau.
Couches de minerai.
Couillou (Pyrénées), tenon de l'enclume.

Coulée, opération de vider un creuset.
Couler, verser la fonte dans les moules.
Coulière, fer plat de 44 lignes sur 4.
Couleurs du recuit, couleurs qui indiquent le degré de carburation.
Couleur, fer de couleur, fer cassant à la couleur rouge.
Coupe, exploitation périodique des bois.
Courbotte, levier à deux branches pour les soufflets de forge.
Court-bandage, forme de fer marchant.
Court-carreau, poteau de l'ordon.
Courtine, bure.
Coussinets, pièces sur lesquelles reposent les axes.
Couteau de masselotte, bec-d'âne qui sert à couper les masselottes.
— *à parer*, espèce de spatule.
Coursier, canal dans lequel est la roue à eau.
Cousture (Pyrénées), partie de la tuyère, où un de ses bords se replie sur l'autre.
Couvertures, gazon qui recouvre les meules de charbon.
Craches, rejet de matières par le devant de la tuyère.
Cran, défaut d'un fer mal forgé.
Crapaudine, coussinets.
Crasse, laitiers ou scories.
Crebat (Pyrénées), gercer.
Crema (*idem*), brûler le fer ou la tuyère.
Crestes (*idem*), inégalités qui se forment à la surface du massé.
Creuset, partie séparée où se fond le métal.
Crevasse, fentes particulières.
Crible, instrument pour passer les minerais.
Cric, mécanique employée aux grues.

Criques, gerçures.
Crissures, rides ou crispures.
Croard, ringard crochu.
Crochet, instrument recourbé.
Croisée, pièce d'ordon.
Crosse, barre de fer soudée à la loupe, pour mieux la manœuvrer.
Crot, grillage du fer mazé.
Crousa (Pyrénées), croiser; se dit lorsque la buse n'est pas dans la ligne de la tuyère.
Cuillères, *Cuillers*, instrumens pour puiser le métal.
Cuivre, métal.
Culart, support de la queue du ressort dans les ordons à drôme.
Culasse, partie inférieure du canon.
Culeton, partie opposée à la têtière des soufflets.
Culot, métal qui reste au fond du creuset d'essai.
Cuve, vide intérieur d'un fourneau de fusion.
Cuvier, cuve où se trempe l'acier.
Curroux (Pyrénées), tourillons d'un arbre.
Cylindre, solide régulier terminé à chaque bout par deux cercles.

D.

Dalles, gouttières qui supportent les forgis.
Damas, acier de Damas.
Damasser, faire de l'acier de Damas.
Dame, digue en maçonnerie qui retient la fonte dans le creuset.
Davier, anneau qui retient le fer qu'on file.
Décaper, enlever à l'aide des acides la couche d'oxide qui couvre le fer.
Déclinaison de la tuyère, direction qui lui fait faire un angle avec le plan du fourneau.

Découpoirs, taillans de fenderie.
Décotter, faire osciller le modèle pour démouler.
Déflagration, inflammation étincelante.
Dégrossir, étirer en partie.
Demargua (Pyrénées), enlever et démancher le marteau.
Deme (Pyrénées), loupe aplatie dans laquelle l'enclume est placée.
Démouler, sortir du moule.
Densité, poids respectif sous un même volume.
Dents, divisions d'une roue destinée à engrener.
Dépouille, inclinaison donnée à un modèle pour le faire sortir du moule.
Descente, action des charges qui descendent du gueulard au creuset.
Desembouga, ôter la hurasse.
Desencurronna, enlever les curroux.
Desenroula (Pyrénées), nettoyer le creuset avec un ringard.
Dessiccation, sécher à une forte chaleur.
Devant, côté du chio.
Désoxidation, séparation de l'oxigène.
Desquade (Pyrénées), rasse.
Desques (*idem*), corbeille de minerai.
Diaphragmes, parois, cloisons.
Dilatation, extension due à la chaleur.
Direction, manière de placer la tuyère.
Docimasie, art des essais.
Double-harnois, appareil qui fait mouvoir les soufflets.
Double-muraillement, murs extérieurs du haut-fourneau.
Doublons, languettes doublées.
Douce (mine douce), fers spathiques.

Dressage, préparation des meules.
Drôme, pièce de bois placée dans la partie supérieure des ordons à drôme.
Ductilité, propriété d'être ductile.
Dureté, résistance au frottement et à la lime.
Durment, pièce des jumelles.
Durmentou (Pyrénées), pièce qui tient l'empoise du tourillon.

E.

Eau, liquide qui a pour base l'hydrogène.
Ebarbage, opération de nettoyer une pièce fondue.
Ebauchage, dégrossissage.
Ebaucheurs, laminoirs ébaucheurs.
Ebroudis, travail de la troisième bûche des tréfileries.
Eboulemens, descente immodérée des charges.
Echantillons, calibre.
Echauffement, chaleur trop forte dans le fourneau.
Ecossaise, instrument de fer pour fourgonner.
Ecotage, fil de fer travaillé dans la seconde bûche.
Ecoteur, ouvrier attaché à la première bûche des tréfileries.
Ecouvillonner, mouiller légèrement le charbon.
Ecran, plaque suspendue devant le foyer de la forge.
Ecraser, comprimer.
Ecrier, nettoyer le fil oxidé.
Ecrouir, battre le fer à froid.
Ecrouissement, action de battre le fer froid.
Ecurer, nettoyer la tôle.
Ecureuses, femmes qui écurent.

Edelstahl, acier de Siégen.
Egrappoir, machine à nettoyer le minerai.
Egrener, s'ébrécher, se casser par grains.
Eicharrasit (Pyrénées), desséché; on dit un massé trop desséché.
Eichugua, essuyer.
Elasticité, propriété de reprendre sa première forme après avoir été dilaté ou comprimé.
Embouga (Pyrénées), placer la bogue ou hurasse.
Embrâsures, vides pratiqués dans le massif d'un fourneau.
Emonder, éplucher avec soin et battre la bourre des moules.
Empoise, instrument qui supporte un laminoir.
Empoule, boursouflure de l'acier.
Encarraillade (Pyrénées), c'est la mine bien grillée.
Encastrer, encaisser.
Encastrure des ordons.
Enclume, masse de fer sur laquelle on forge.
Encurronna (Pyrénées), placer les curroux ou tourillons.
Encrenée, pièce de fer cinglée par le milieu.
Enduit, matière dont on enveloppe le fer, pour le préserver de l'oxidation ou de la carburation.
Enfanguat (Pyrénées), boueux.
Engorgement, obstacle qui empêche la descente des charges.
Engrenage, disposition de roues dont les dents s'insèrent les unes dans les autres.
Engouberna (Pyrénées), placer le gouber pour chauffer le mail qu'on veut réparer.
Enseigne, tôle à enseigne, tôle mince.
Ensaqua (Pyrénées), remplir un sac.

Ensaquadour (Pyrénées), corbeille pour mesurer le charbon.

Entanailla (*idem*), assujettir des pièces de fer dans les tenailles.

Entonnoir, ouverture conique de la partie supérieure des trompes.

Epicia, sapin rouge (*Pinus picea*).

Epreuves, expériences faites pour s'assurer de la qualité du fer.

Éprouvettes, barres placées dans le fourneau de cémentation pour connaître le degré de carburation.

Équarrissage, forgeage du fer carré.

Équipage de fenderie, réunion de toutes les pièces qui composent la machine.

— *de laminoir*, ensemble des pièces composant les laminoirs et toutes leurs dépendances.

Érable, sycomore, arbre à fleurs rosacées.

Escailles, écailles, battitures de fer.

Escampadou (Pyrénées), ouverture faite pour la sortie des eaux du réservoir de la trompe.

Escapoula (*idem*), forger des pièces de fer de taillanderie.

Escapoulage, ouvrage dégrossi dans la forge.

Escarbilles, petit charbon de houille qui passe à travers les grilles des fours à réverbère.

Escola, ouvrier des forges catalanes.

Espace nuisible, partie du soufflet d'où l'air ne peut être chassé.

Espatards de fenderie, laminoirs qui servent à préparer les bidons.

Espics (Pyrénées), portilles emmortaisées dans les chevalets.

Espine (*idem*), barre de fer arrondie qu'on insinue dans la tuyère.

Espiral (Pyrénées), ventouses.
Essais, épreuves du minerai.
Estanques, traversines de l'ordon du marteau.
Esteilles (Pyrénées), coins de bois qui assujettissent le marteau.
Estibois, bloc sur lequel on lime les pointes des fils de fer.
Estogard, petit ringard pour nettoyer la tuyère.
Étalages, partie supérieure de l'ouvrage, composant le grand foyer.
Étamage, opération par laquelle on couvre la tôle d'étain.
Étamer, opérer l'étamage.
Étirage, allongement des barres et rapprochement des molécules.
Étranglion, partie étroite de l'arbre des trompes.
Etoffe, barre formée de plusieurs aciers reforgés.
Étoupe, filasse employée dans le moulage en terre.
Étuve, chambre de dessiccation.
Étrille, tôle demi-forte.
Évens, canaux pratiqués dans les moules pour favoriser la sortie du gaz.
Expiration des soufflets, sortie de l'air.
Exploitation, action de faire valoir.

F.

Faix, donner trop de faix, diminuer trop rapidement les cannelures des cylindres, ou les trous des filières.
Fanton, verge plate de 50 lignes sur 10.
Fargue (Pyrénées), forge.
Farguaire (*idem*), forgeron.
Fassin, fraisil.

Fat, mesure pour charger le minerai.
Faulde, aire sur laquelle on effectue la carbonisation en meule.
Fausses-parois, mur qui enveloppe les parois.
Fausses-rondelles, petites rondelles qui séparent les taillans des trousses de fenderie.
Faux-taillans, fausses rondelles
Faulx, instrument d'agriculture.
Fazin, voyez *Fassin* ou *Fraisil.*
Feiche (Pyrénées), minerai hépatique.
Fenderie, usine à refendre le fer.
Fendilles, petites fentes produites dans le fer en le forgeant.
Fenton, fanton.
Fentes, ouvertures formées dans le métal par une cause mécanique.
Ferraille, vieux fer.
Fer, métal élémentaire.
Fer-blanc, fer platiné ou tôle étamée.
Fer-noir, tôle non étamée.
Fer natif, métal pur trouvé dans la nature sans oxigène.
Fer rouverin, voyez *Rouverin.*
— *de couleur*, voyez *Couleur.*
Ferarier, bas-fourneau romain.
Ferremens, outils ou instrumens en fer.
Ferrier (Pyrénées), maître de forges.
Ferrude (*mine*), hématite riche.
Ferronnerie, usine à travailler le fer.
Ferronnier, vendeur de fer.
Feux, foyer dans lequel la fusion a lieu au-dessous de la tuyère.
Feuillard, rubans ou fer à cercles.
Feuille, fer platiné.
Fibre, filament allongé dans le fer.

Fibreux, fer qui présente ces filamens.

Fil d'archal, orichalcum ou *aurichalcum filum*, fil de fer.

Fil de fer, fer allongé en barres rondes de moins de 5 lignes de diamètre.

File, réunion de plusieurs trousses de feuilles de tôle.

Filer le fer, le passer à la filière.

Fileries, usines où l'on fabrique le fil de fer.

Filières, instrumens percés de trous coniques, à travers lesquels passe le fil de fer.

Filon, fente contenant du minerai ou du combustible.

Finerie, finery, feu dans lequel on blanchit la fonte.

Fine metal, fonte décarburée dans un feu de finerie, et coulée en plaques minces.

Fineur, ouvrier de finerie.

Flameron, fumeron.

Fléau, tringle de soufflets qui a un mouvement d'oscillation.

Flexibilité, propriété de céder à la compression.

Floss, plaques de fonte.

— dur, *hartfloss*, fonte carburée.

Flou de Gineste (Pyrénées), ocre de fer.

Fluss-ofen, fourneaux de fusion.

Flux, substance employée comme fondant.

Fluteaux, petites masses de fer qui s'attachent au ringard lorsqu'on avale la loupe.

Foc (Pyrénées), creuset d'un fourneau.

Fondage, traitement des minerais dans un haut-fourneau.

Fondans, substances employées pour faciliter la fusion.

Fond, plaque de fond d'un creuset.

Fonderie, usine où l'on refond le fer cru.
Fondeur, ouvrier de fonderie.
Fonte, fer combiné avec le carbone, carbure de fer, fer cru, fer impur.
Forerie, usine où l'on perce.
Foret, instrument à percer.
Forge, usine où l'on prépare le fer.
Forgeage, martelage du fer chaud.
Forger, marteler ou étirer entre des cylindres.
Forgeron, ouvrier de forge.
Forgeur, ouvrier qui forge.
Forgis, fer destiné aux tréfileries.
Fosse, trou pratiqué dans le sol d'une fonderie pour y placer des moules.
Four, espèce de foyer sans machine soufflante, recouvert d'une voûte.
— *à réverbère*, dans lequel le combustible est séparé du métal par un pont.
— *à pudler*, *pudling furnace*, pour la décarburation à l'anglaise.
— *de chaufferie*, *heating furnace*, four dans lequel on réchauffe le fer.
Fourches, instrumens fixés sur les bords d'une affinerie pour décrasser les ringards.
Fourchettes de fenderie, bandes de fer pour empêcher le fer de s'enrouler autour des rondelles.
Fourgon, instrument qui sert à pousser les charbons sur les chaufferies.
Fourgonner, se servir du fourgon, remuer le charbon embrasé.
Fourneau, vide dans lequel on opère à l'aide du charbon.
Fourruga (Pyrénées), briser la glace qui obstrue les trompilles en hiver.

Digitized by Google

Fourrupa (Pyrénées), aspirer avec force.
Fousinal (*idem*), mur de la tuyère.
Foussou (*idem*), bêche pour ramasser le minerai.
Foyer, chef des chauffeurs des forges catalanes.
Foyer, espace où se brûle le combustible.
Fraisil, poussière de charbon.
Frayeux, pièce de fonte qui sert de point d'appui aux ringards qu'on emploie comme levier.
Frette, lien de fer soudé placé au bout des arbres.
Friable, qui se pulvérise facilement.
Frimen-stahl, variété d'acier.
Frisé, fer frisé, fil de fer inégal en grosseur.
Frittes, scories.
Fromage, support cylindrique de terre réfractaire pour les creusets.
Frotter, nettoyer le fer-blanc.
Fumer un haut-fourneau, le dessécher.
Fumerons, morceaux de bois à demi carbonisés.
Fusible, qui peut entrer en fusion.
Fusion, état des corps devenus liquides par la chaleur.

G.

Gabelle (Pyrénées), botte de fer.
Gabels, jantes d'une roue.
Gambier, crochet de fer avec lequel on reçoit les verges fendues.
Gangue, substances qui accompagent les minerais.
Garde-feu, ouvrier qui travaille dans l'embrasure d'un fourneau.
Garde-fourneau, aide fondeur.

Garlandas (Pyrénées), pièces de côté du coursier.
Gâteau, masse de fonte qu'on soulève pour faire de l'acier.
Gantiers, planches qui ramènent l'eau sur la roue.
Gaz, fluides élastiques aériformes.
Gentilhomme, pièces de fonte sur lesquelles s'écoule le laitier.
Gerçures, fentes en travers de l'acier fortement trempé.
Gisement des minerais, lieu et manière d'être des oxides de fer.
Gîte, gisement.
— *de soufflet*, surface plane et immobile d'un soufflet de bois.
Gosier, partie du soufflet par laquelle le vent passe de la caisse à la buse.
Goudron, produit de la distillation du bois et de la houille.
Goujat, garçon de forge, apprenti forgeron.
Grain, fer à grains, fer dont la texture est grenue.
Graisse, ôter la graisse, frotter les feuilles de fer-blanc.
Granat, *granade* (Pyrénées), grenu, grenue.
Grande masse, partie de la cuve depuis le ventre jusqu'au gueulard.
Grand foyer, partie du fourneau depuis le ventre jusqu'au foyer.
Graphite, carbure qu'on croit n'être que du carbone pur.
Gras, un loppin ou un massé est gras, lorsqu'il fait couler beaucoup de laitier pendant le cinglage.
Greillade, poussière de minerai grillée.

Grenaille, grains de fer fondu.
Griffes, crochets de fer pour supporter un poids quelconque.
Grillage, action du feu sur les minerais ou les blettes.
Grilles, barres sur lesquelles s'allume le combustible.
Grilleur, ouvrier qui grille les minerais.
Grillot, cavités particulières aux fers aigres.
Grue, machine à soulever des fardeaux.
Grumillons, petites particules des maquettes qui tombent lorsqu'on les forge.
Gueulard, ouverture supérieure des hauts-fourneaux.
Gueusat, petite gueuse.
Gueuse, masse de fonte coulée.
Guise, petite plaque de fonte dans laquelle on moule de la fonte pour acier.

H.

Hache, instrument tranchant à manche.
Hacheron, petite hache.
Haire, rustine, plaque d'un creuset d'affinerie.
Haler les laitiers, les faire sortir du creuset.
Halde, déblais provenant de la gangue ou des minerais rebutés.
Hammer-schlag, battitures.
Hanche de chaudière, partie qui lie le fond aux parois latérales.
Hape, maillon de chaîne.
Happe, instrument qui sert à sortir les creusets du fourneau.
Hart-floss, fonte dure.

Haut-fourneau, fourneau à cuve où l'on réduit le minerai de fer.
Hématite, minerai de fer.
Herbue, terre alumineuse.
Hêtre (*Fagus*), arbre à fleurs amentacées, mâles et femelles sur le même pied.
Hornian, masse de fer qui se forme au fond des fourneaux.
Hors, mettre hors, arrêter le fourneau pour le nettoyer.
Houille, combustible minéral.
Huche, auge qui reçoit les minerais bocardés.
Hurasse, anneaux qui servent de coussets aux manches de marteaux.
Hydrates de fer, peroxides qui contiennent de l'eau.
Hydrogène, une des bases de l'eau, gaz inflammable.

I

Ignition, incandescence des corps.
Imperméabilité, état des corps à travers lesquels l'eau ne peut passer.
Incandescence, état des corps chauffés au point d'être lumineux.
Incombustible, qui ne brûle pas.
Incinération, réduction en cendres.
Inspiration, action d'inspirer l'air.
Inertie, repos du corps.
Intrade, entrée (Pyrénées), saillie de la tuyère dans le creuset.

Digitized by Google

J.

Jambe d'ordon, charpente qui supporte les tourillons des hurasses.
Japonais, affinage japonais; manière de faire l'acier.
Jauge, instrument qui sert à mesurer le diamètre des fils de fer.
Jet d'air, aspiration des soufflets.
— *de fonte*, canal par lequel on introduit la fonte dans le moule.
Jaz (Pyrénées), gîte; la tuyère fait son jaz lorsqu'elle brûle la pierre du fond et l'abaisse.
Jumelles, montans ou poteaux de bocard.

K.

Kalbrecht, fer cassant.
Kernstall, acier commun.
Kocq, mesure pour charger le charbon.
Korb, idem.

L.

Laba (Pyrénées), laver.
Lache, laitiers.
Lachefer, ringard.
Laiterol, plaque de devant du creuset.
Laitiers, verre terreux qui se forme dans les fourneaux.
Laminage, compression sous des cylindres.
Laminoir, cylindres à laminer.
Languette, fer platiné pour la fabrication de la tôle.

Lanterne, roue d'engrenage à fuseau.
Lavage des minerais, action de les débarrasser de leurs terres.
Lavage dufer-blanc, tirer au clair.
Laverie, usine où on lave les minerais.
Lavoir, endroit où on les lave.
Laveur, ouvrier de lavoir.
Laves, des fourneaux, voyez *Laitiers*.
Levier, verge inflexible qui se meut sur un point.
Lebade (Pyrénées), élévation. La lebade del mail, l'élévation du marteau.
Liadous (Pyrénées), chapeaux du coursier.
Liens, barres de fer qui lient un fourneau.
Limaille, parties de fer détachées par la lime.
Lisière du fer-blanc, traces laissées par le bourrelet après qu'il a été enlevé.
Lit, moule en sable où se coule la fonte en gueuse.
Liteaux, tringles de bois qui en soutiennent d'autres.
Longrines, barres de fonte qui soutiennent les marâtres.
Loppin, petite loupe.
Loquet, pièce de fer pour le moulage des cloches.
Lotir les minerais, les assortir.
Loup, masse de fonte qui se coagule dans le fourneau.
Loupe, masse de fonte affinée.
Lune, couleur du feu de fourneau.
Lunettes de soufflets, doubles venteaux avec ventillons.
Luzencie, mine de fer micacé.

M.

Macération, fusion et épuration de la fonte par le repos de la masse.
Macérer, fondre et épurer par repos.
Machines soufflantes, soufflets.
— *à vapeur*, machine mise en mouvement par l'expansion de la vapeur.
Manche, fourneau à manche, fourneau de seconde fusion.
Magagne, fer aigre, cassant.
Magnésium, base de la magnésie.
Magnésie, terre réfractaire.
Mail (Pyrénées), marteau.
Maillé (*idem*), maître forgeur.
Maillon, anneau de fer des tenailles.
Malléabilité, propriété de s'étendre, s'allonger et s'aplatir.
Manche de marteau, partie en poids.
Manchon, ou mouffle.
Mandrins, noyaux de fondeurs.
Manganèse, métal.
Manicordon, fil mince de fer.
Manigaux, bascule de soufflet.
Manivelle, levier d'une roue.
Manteaux, terre qui recouvre les modèles.
Manture, fil de fer détérioré au feu.
Maquette, pièce de fer forgée par un bout.
Marâtres, pièces de fonte qui servent de plafond aux embrâsures de haut-fourneau.
Marbré (Pyrénées), spath calcaire.
Marcassine (Pyrénées), pyrites.
Marcher la terre, la pétrir avec les pieds.
Marchoir, place du pétrissage avec les pieds.

Maréchal, fer plat épais.
Margua (Pyrénées), emmancher.
Margasou (*idem*), mortaise où se place le manche.
Margué (Pyrénées), manche.
Marteau, instrument de fer placé au bout d'un manche et agissant par percussion.
Martel (Pyrénées), marteau.
Martinet, petit marteau.
Marteler, martiner, battre au marteau.
Marteleur, martineur, ouvrier qui forge au marteau.
Massé, loupe.
Masselotte, excédant de métal dans le coulage des canons.
Masseau, loppin cinglé.
Masselet, petite loupe.
Massif, enveloppe extérieure du haut-fourneau.
Massoque, loppin qu'on obtient en coupant le massé.
Massoquettes, fractions des massoques.
Matte, première fonte impure d'un minerai.
Mastegou (Pyrénées), tronçon.
Mazéage, affinage particulier.
Mazeau, fonte provenant du mazéage.
Mazelle, fonte projetée sur des laitiers dans l'affinage bergamasque.
Mazer, liquéfier la fonte et la couler en plaques.
Mazerie, foyer dans lequel on exécute la première fusion.
Mene (Pyrénées), minerai.
Mentonnet de soufflets, pièces qui reçoivent la pression des cames.
Métallurgie, art du traitement des métaux.

Méplat, fer dont la largeur est le double de l'épaisseur.
Mettre hors, voyez *Hors*.
Mettre en feu, commencer à allumer le fourneau.
Meule, base en briques sur laquelle repose le moule.
Meule, tas de combustible brut qu'on carbonise en plein air.
Miailloux (Pyrénées), valets de l'escola.
Minairou, mineur.
Mine, lieu d'où s'extrait le minerai.
Minerai, oxide de fer.
Minette, mine réduite en poussière.
Minéralogie, connaissance des minéraux.
Minéralurgie, art d'obtenir les corps renfermés dans les minéraux.
Mise, barre de fer qui se soude sur une autre.
Mise en feu, commencement de l'opération du fondage.
Mise au tain, étamage de la tôle.
Mittelloehr, acier de Siégen.
Modèle, relief de l'objet à mouler.
Mock, acier d'Allemagne de médiocre qualité.
Modérateur, trou placé près de la têtière des soufflets pour diminuer la force du vent.
Moine, paille dans le fer.
Moise d'ordon, pièce qui tient celle de l'ordon.
Mol (Pyrénées), mou, fer mou.
Montant d'ordon, pièce qui en soutient la partie supérieure.
Monter un creuset, le recuire.
Moufle, disposition qui permet d'exposer un corps, dans un fourneau, à l'action du feu, sans le contact de l'air.

Moulage, formation des moules.
Moulane (Pyrénées), pierre meulière.
Moule, vide pratiqué dans le sable pour y couler de la fonte.
Mouleur, ouvrier qui moule.
Mour (Pyrénées), museau de la tuyère.
Moussa (*idem*), calfater.
Mouton, machine de percussion.
Moyen-fourneau, fourneau au-dessous de douze pieds.
Muffle des soufflets, orifice de la buse.
Munz-stall, acier fin, brézian.
Muraillement, entourage, construction d'enveloppes.
Mureau, mur qui contient la tuyère.
Museau de la tuyère, partie qui s'avance dans le fourneau.

N.

Nasse, petit berceau pratiqué dans le fond du fourneau de fonderie.
Nave (Pyrénées), auge, baquets, bâche.
Naz (*idem*), nez.
Nez, nez de la tuyère, scories ou fer réduit qui s'attachent à la bouche.
Nerf, filamens allongés qui annoncent la ténacité et la malléabilité du fer.
Nid, petit amas.
Nille, manche de manivelle.
Nitre, salpêtre, nitrate de potasse, sel composé d'acide nitrique et de potasse.
Niveau, ligne horizontale; instrument qui sert à la trouver.
Noircissement, opération par laquelle on noircit

les moules avec la fumée d'un combustible.
Noir-ployant, taches qui indiquent de la ductilité dans le métal.
Noyau, partie massive du moule qui forme un vide dans l'objet coulé.
Numéro, instrument à numéroter les gueuses.

O.

Ocre, hydrate de fer.
OEil du marteau, ouverture pratiquée pour recevoir le manche.
OEil du pertuis, partie étroite du trou de la filière.
— *du fourneau*, chïo.
— *de la tuyère*, ouverture par où sort le vent.
Oligiste, fer oligiste, proto-peroxide. Minerai très riche.
Ordon, charpente dans laquelle sont placés les marteaux.
Ore (Pyrénées), contrevent du creuset.
Oreiller de soufflet, partie placée dans le culeton pour maintenir les bords.
Orifice, ouverture.
Orme (*Ulmus*), grand arbre de nos forêts.
Osmund, qualité de fer suédois.
Oubria, partie de l'atelier où se forge le fer.
Oule, pot ou marmite servant d'auge.
Ouvrage, partie du haut-fourneau qui existe entre les étalages et le creuset.
Ouvreaux, ouvertures, canaux pratiqués dans les meules de carbonisation.
Oxidation, combinaison de l'oxigène avec un corps.
Oxide, corps combiné avec l'oxigène.

Digitized by Google

P.

Page, poids qui appuie le bout de la tympe du côté extérieur de l'ouvrage.
Pagelle (Pyrénées), mesure.
Pailles du fer, lames de fer qui s'opposent à la soudure.
Paichère, coursier de la roue du marteau.
Paicheron (Pyrénées), bassin dans lequel se rassemblent les eaux du bief de la trompe.
Pal des massés, gros ringard.
Pale, écluse.
Palenque (Pyrénées), ringard.
Palette, instrument d'affinage.
Palmes, cames.
Panne, partie inférieure du marteau qui frappe le fer.
— *d'enclume*, sa partie supérieure.
Paquet, trempe en paquet, tremper l'acier chauffé dans un cément.
Parage du fer, dernier martelage du fer.
Parer le fer, faire le parage.
Parois du haut-fourneau, chemise intérieure.
— *des soufflets*, faces mobiles des soufflets.
— *des moules*.
Parson (Pyrénées), mesure pour le charbon.
Passe-partout, barre plate qui sert à comprimer le sable de moulage.
Passe-perle, fil de fer intermédiaire entre les fils moyens et les fils très fins.
Passelis (Pyrénées), saut du canal sous la roue.
Patin, partie du modèle d'un pied de marmite.
Patouillet, machine employée pour laver les minerais.

Patron, modèle en bois, dont on se sert pour former le creuset et les étalages d'un fourneau.
Pavillon de la tuyère, son ouverture extérieure.
Peilles (Pyrénées), chiffons qui servent à tenir le fer.
Peire (*idem*), stock de l'enclume.
Pelard, bois écorcé sur pied.
Pelle, instrument plat à manche long.
Penchés (Pyrénées), peignes en bois qui garnissent les coussinets d'arbres.
Percée, opération qui consiste à ouvrir le chio.
Perçoir, instrument propre à faire la percée.
Petite masse inférieure, l'ensemble des étalages, de l'ouvrage et du creuset.
Phosphore, substance combustible qui luit dans l'obscurité.
Pièce, nom donné à la loupe cinglée.
Pièce de rapport, pièce employée dans la construction des moules.
Piech del foc (Pyrénées), poitrail du feu, contre-mur ou mureau des affineries.
Pierre des costières, pierres qui forment les deux faces des creusets.
— *de rustine*, qui forme le fond vertical du creuset.
— *des costières de sole*, qui forme la base du fond horizontal du creuset.
Pigage (Pyrénées), bâche.
Pilier, pièce qui soutient la cheminée.
Pilier de cœur, masse du double muraillement des hauts-fourneaux.
Pilotis, pièces de bois enfoncées dans un terrain meuble ou humide pour soutenir les fondations.
Pilotage, assemblage de pilotis.
Pin (*Pinus sylvestris*), arbre résineux des forêts.

Picqua (Pyrénées), piquer, incliner la tuyère.
Piquade (*idem*), barre de fer cochée pour être coupée.
Piquadon (*idem*), atelier où l'on bocarde.
Pique-mine (*idem*), bocardeur.
Piquots (*idem*), crochets qui servent à enlever le massé.
Pisé, maçonnerie en terre placée dans le double muraillement, et qui remplace quelquefois le mur extérieur.
Pissée, écoulement des scories.
Piston, pièce mobile des pompes et autres machines.
Pitchou (Pyrénées), barre qui sert à arc-bouter la tuyère.
Pivot, espèce de tourillon perpendiculaire.
Planer, rendre plan, unir en forgeant, aplatir.
Plaques d'affineries, de creusets, plaques de fonte qui forment le creuset.
— *de fond*, fond du creuset.
— *de recouvrement*, plaque qui doit recouvrir les moules pratiqués dans le sol de l'usine.
Platine, bandes qui lient l'arbre de la roue près des cames.
Platinage, parage du fer destiné à la tôlerie.
Platinerie, usine où l'on platine le fer.
Plie, doublon.
— taque du chio, qui le recouvre horizontalement.
Plomb, métal connu.
Plombagine, sur-carbure de fer.
Plume-seuil, pièce de bois qui supporte l'empoise.
Poche, grande cuiller de fer pour moulage.
Poitrine du fourneau, marâtres.
Poly-carbure, carbure formé d'un atome de fer uni à plusieurs atomes de carbone.

Pompholix, dépôt qui se forme sur les marâtres de haut-fourneau.

Porges (Pyrénées), espèce de varme.

Porte-ressort, pièce qui porte le ressort des soufflets de bois.

Porte-vent, tuyau qui sert à conduire le vent des machines soufflantes.

Portées, tasseaux ajoutés aux modèles pour supporter l'about des noyaux.

Potassium, métal qui sert de base à la potasse.

Poterie de fer, ustensiles de ménage en fonte.

Poule, acier-poule, recouvert de boursouflures.

Poulette, minerai de fer en grains de l'île d'Elbe.

Poupa (Pyrénées), faire entrer les pivots de la bogue ou hurasse dans leurs grenouilles.

Prussiate de fer, sel obtenu de la combinaison du fer et de l'acide prussique.

Prince, une des principales pièces de l'ordon.

Puissance des gîtes de minerais, épaisseur des couches.

Pyrites, sulfures de fer.

Pyromètre, instrument propre à mesurer les hautes températures.

Pudler, brasser, patrouiller la fonte ou le fine metal dans un fourneau à réverbère.

Puddle (*to*), verbe anglais qui signifie pudler.

Puddling furnace, fourneau à puddler.

Q.

Quartz, roche composée en grande partie de silice.

Quoue, queue, *traire-quoue*, emmancher la massouquette.

Quoette (Pyrénées), dernière chaude donnée à la massouquette.

R.

Rable, instrument propre à travailler la terre des moules et le fer des affineries.
Rabot, instrument pour remuer les minerais dans l'eau.
Racloir, lame de fer pour racler le sable des moules.
Racloir, instrument qui nettoie le feuillard avant d'entrer dans le laminoir.
Raffinage de l'acier, purification, rapprochement des molécules, corroyage.
Rape, instrument d'ébarbeur pour ôter le sable brasé aux objets en fonte fondue.
Rampant des fours à réverbère, parties inférieures du fourneau qui conduit au flux.
Rangette, tôle de grande dimension.
Rangueja (Pyrénées), frapper à coups inégaux.
Rapport du minerai, son produit en fonte ou en fer.
Rasse, corbeille ellipsoïdale propre à mesurer le charbon.
Raser, faire raser la tuyère, c'est diminuer son inclinaison.
Raspe, espèce de ringard.
Râteau, instrument propre à charger le charbon.
Raustahl, acier brut.
Réchaud (*tôle à*), espèce de tôle mince.
Recuit, chauffage de l'acier ou du fer pour l'amollir.
Récurage de la tôle, opération par laquelle on enlève les impuretés.

Récureuse, femme qui opère le récurage de la tôle.

Redressage, action de redresser les barres.

Réduction des minerais, leur désoxidation.

Refonte du fer cru, seconde fusion de la fonte.

Refroidissement subit, opération par laquelle on arrête subitement le développement du graphite de la fonte.

Registre, obturateur qui donne à la cheminée une section plus ou moins grande, et sert de régulateur du tirage des fourneaux.

Régulateur des soufflets, réservoir d'air.

Régule de fer, métal carburé.

Reich (Pyrénées), sorte de fourgon pour amasser le charbon.

Renard, fonte affinée dans le creuset des hauts-fourneaux, ou formée en loupe dans celui des affineries.

Renardière, creuset d'affinerie où se fait le renard.

Requeit (Pyrénées), grillage de la mine.

Réservoir à air, voyez *Régulateur.*

Résistance, mesure de la ténacité.

Résidu, ce qui reste après l'opération.

Ressort de soufflets, lames qui pressent les liteaux contre le volant.

Restanque (Pyrénées), taque de fer qu'on place à côté du laiterol, et qui forme, avec lui, le côté du chio.

Retailler la tuyère, la recouper quand l'œil est altéré.

Retreindre, diminuer le diamètre d'un cercle par le martelage.

Rey (Pyrénées), grosse pièce de l'ordon.

Riblons, débris de fer d'une certaine dimension.

Digitized by Google

Rigole, c'est le canal pour la coulée.
Ringard, barre de fer employée au travail dans les fourneaux.
Rimer (Pyrénées), trop chauffer.
Rimatel (*idem*), massé trop desséché.
Rode (*idem*), roue du gros marteau.
Roerbrecht, fer brisant.
Rognons, amas de minerai.
Rognures, parties détachées de la tôle par les cisailles.
Rondelles, disque d'acier des fenderies.
Roses de l'acier, taches irisées qu'on remarque dans la cassure de l'acier trempé.
Roublons, voyez *Riblons*.
Rouge d'Angleterre, voyez *Colcotar*.
Roue hydraulique, roue qui est mise en mouvement par le poids de l'eau.
Rouille, oxide de fer.
Rouleau, cylindre qui sert à écraser les sables neufs.
Roulement d'un fourneau, son travail depuis sa mise en feu.
Rouverin, fer cassant à chaud.
Rustine, face de l'ouvrage opposée au côté du travail.

S.

Sable de moulage, employé pour faire les moules, sable le plus pur.
Sableur, ouvrier de moulage.
Sacontier (Pyrénées), porteur de charbon.
Sadouil (*idem*), plein de l'œil.
Sapin blanc (*Pinus abies*), arbre résineux.
Saumon, gueuse prismatique.

Saut, pente où l'eau commence à tomber sur les roues.

Scories, verre terreux tenant de l'oxide de fer en dissolution.

Schartz-stahl, acier pour les tranchans de taillanderie.

Secoueur, instrument de bois qui sert à rompre les chapes de moules, après y avoir coulé la fonte.

Scifen-wereck, amas de minerai par dépôt.

Sel marin, muriate ou hydrochlorate de soude.

Semelle, pièce des bocards.

— pièce préparée pour le travail de la tôle.

Senisse (Pyrénées), poussière de charbon entraînée avec la fumée.

Sentinelle (*idem*), portion antérieure et élevée du tambour de la trompe.

Servante, anneau de fer pour serrer les tenailles.

Sexto-carbure, poly-carbure.

Sidérite, nom imaginé pour nommer la substance qui rend le fer cassant.

Sidérotechnie, art de travailler le fer.

Sidérurgie, art d'extraire le fer des minerais, et de lui donner la forme voulue dans les arts.

Signes, indices de la marche des fourneaux.

Silice, terre élémentaire du quartz.

Sillade (Pyrénées), scorie qui s'attache à la tuyère.

Silladou (*idem*), ringard pour enlever la sillade.

Silla (*idem*), action de détacher la sillade.

Soffre (*idem*), anneau de fer qu'on place sous la pièce qu'on veut percer.

Sole, surface intérieure d'un fourneau.

Solière, espèce de verge aplatie.

Sondage, percement pour s'assurer de l'existence d'un combustible ou d'un minerai.

Sorne, scorie qui reste dans le foyer après le travail.

Soubarbe (Pyrénées), pièce placée sous le tenon du manche du marteau.

Soubresteille (*idem*), pièce placée sous le tenon.

Souc, l'une des principales pièces de l'ordon.

Soucherie, l'ensemble des pièces de charpenterie qui composent l'équipage d'un gros marteau

Soucs-massé (Pyrénées), jumelles qui supportent les pivots de la hurasse.

Souchons, barres de fer de 48 lignes sur 18.

Soudure, opération par laquelle on réunit deux barres de fer ou d'acier.

Souder, opérer la soudure.

Soudabilité, propriété de se souder.

Soufflets, machines propres à respirer le vent dans les fourneaux.

Soufflerie, appareil composé des soufflets et des moteurs.

Soufre, corps simple, base de l'acide sulfurique.

Soupape, diaphragme qui permet l'entrée ou la sortie d'un fluide.

Soupiraux, ouvertures pratiquées dans le bouge des meules de carbonisation.

Souquets, morceaux de bois qu'on met entre les tenailles et le fer qu'on veut assujettir.

Spathique, minerai de fer.

Spatule, espèce de couteau ou de cuiller plat.

Spéculaire, minerai de fer oligiste.
Stigar, mesure de charbon.
Stock ou *Billot*, grosse pierre qui supporte l'enclume.
Stock-werck, gîte de minerai en masse.
Stratification, arrangement par couches superposées et successives.
Stuck, masse de fer demi-affiné, retirée du stückofen.
Stückofen, fourneau à masse.
Suda (Pyrénées), suer le fer.
Suer le fer, lui donner une chaude complète.
Suifer, tremper la tôle dans le suif.
Surchauffer le fer, lui donner une chaude forcée, l'oxider.
Sulfure, fer combiné avec du soufre.

T.

Tabarin ou *Taburin*, pièce de l'ordon du marteau.
Tacoul, pièce de fer encastrée à l'extrémité du manche du marteau et sur laquelle portent les cames.
Taillans de fenderie, rondelles des trousses de fenderie.
Taille de tréfilerie, plan sur lequel glissent les tenailles.
Tain, *mise au tain*, bain d'étain dans lequel on plonge le fer-blanc après le décapage.
Tampail, fermeture en bois qui sert de toit à la sentinelle de la trompe.
Taques, plaques de fonte qui entourent les creusets d'affinerie.

Taquerel, plaque de fonte posée sur la tympe pour soutenir les étalages.

Taquerie, ouverture par laquelle on introduit le bois dans les fours à réverbère.

Taraud, cylindre acéré qui sert à faire des écrous.

Taule (Ariège), table de l'enclume.

Température, qualité de l'air froid ou chaud.

Tempérer l'acier, le recuire.

Ténacité, propriété de supporter un tiraillement ou un poids quelconque sans se rompre.

Tenailles, outils qui servent à manier le fer.

Tenelles, petites tenailles qui servent pour l'étamage.

Tenettes, tenelles.

Tendre, fer tendre, qui offre peu de résistance au marteau.

Terres, mélanges variés des terres primitives.

Terres primitives, c'est-à-dire élémentaires ; dénomination assez fausse donnée à la baryte, l'alumine, la chaux, la strontiane, la magnésie, la silice, la glucine, la zircône et l'yttria.

Terre d'ombre, terre argileuse ocracée.

— *de Sienne*, terre d'Italie ocracée ayant une couleur brune avec une teinte orangée.

Test, vase en terre dans lequel on grille les minerais avant de les essayer.

— *del foc* (Pyrénées), cave ou rustine du feu.

Tête du marteau, partie opposée à la panne.

Têtière de soufflets, masse du fût où est le centre d'oscillation.

Tétraèdre, solide à quatre faces.

Tige d'un laminoir, c'est la partie carrée qui se trouve en dehors du tourillon et sur laquelle s'adaptent les rouages.

Tilleul (*Populus tilia*), bel arbre à fleurs rosacées, à cinq pétales, d'une odeur très suave.

Tirant, barre de fer qui empêche deux surfaces de s'écarter.

Tirer le fil de fer, le faire passer à travers la filière.

Tires (Ariège), bascules de la trompe ou du marteau.

Tirerie, usine où l'on fabrique le fil de fer à la main.

Tireur, ouvrier qui tire le fil de fer.

Tises (Pyrénées), fumerons.

Tisonier, outil pour attiser le feu.

Titane, substance métallique souvent unie au minerai de fer magnétique.

Titanite, mine d'oxide de titane.

Tocage, action de jeter le bois par la taquerie.

Tôle, feuille mince de fer.

Tôlerie, usine où l'on fabrique de la tôle.

Torchette, barre de fer terminée en pelle.

Tour, instrument pour donner aux objets la forme ronde.

Tourbe, combustible formé du détritus de plantes herbacées, de fougères, etc.

Tourbeux (*marais*), marais qui renferme de la tourbe.

Tourbière, exploitation de tourbe.

Tournage, action de tourner.

Tourner, donner la forme ronde au tour.

Tourillon, partie d'un laminoir ou autre corps qui tourne ou oscille sur une crapaudine.

Tourque, *turcq*, mesure pour charger les minerais.

Tranche, instrument pour couper le fer.

Tranchant de fenderie, partie acérée des rondelles.

— *de l'acier*, côté qui tranche.

Trancher le fer, le forger sous la partie droite de la panne du marteau.

Tranchet, instrument pour mouler en sable.

— espèce de tranche.

Trémie d'égrappoir, espèce d'entonnoir dans lequel on jette le minerai.

Tréfilerie, usine où l'on fabrique le fil de fer.

V.

Vache, tirer la vache, faire mouvoir la branloire d'un soufflet de cuir.

Valonne, affinage à la valonne, sorte d'affinage à l'allemande.

Van, vase qui sert à mesurer le charbon.

Varme, côté de la tuyère d'un creuset.

Vases, fers de casserie.

Ventaux, ouverture par laquelle l'air s'introduit dans les soufflets.

Ventillons, soupapes des ventaux.

Veines, fentes ou crevasses des roches remplies de minerai.

Ventouses, ouvertures des canaux d'évaporation des hauts-fourneaux.

Ventre, la partie la plus large des fourneaux à cuve où commencent les étalages.

Verge crénelée, barres de fer sur lesquelles est conservée l'empreinte des coups de marteau et qui n'ont pas été parées.

Verge de fenderie, fer aplati sous les espatards et refendu sous les trousses de fenderie.

Vergette, petite verge de fer.

Vertes-fraîches, cadmies verdâtres.
Vert de montagne, cuivre carbonaté.
Vide, *frapper à vide*, frapper sur l'enclume et non sur la pièce.
Vide des fourneaux, leur cuve.
Vis de pression, vis qui sert à rapprocher les laminoirs.
Vitesse du vent, vitesse avec laquelle l'air s'échappe du soufflet pour entrer dans le fourneau.
Vitriol, sulfate de métal.
— *huile de vitriol*, acide sulfurique.
Vitrière, fer plat de plus de 33 pouces de large.
Vive fonte, fonte obtenue de minerais très fusibles.
Voie, chemin, route, moyen.
— *humide*, analyse chimique.
— *sèche*, essai par le feu.
Voiler, *se voiler*, se tourmenter à la trempe.
Voilure de l'acier, sa courbure lorsqu'on le trempe.
Volant, roue qui sert de régulateur du mouvement.
— *de soufflet*, caisse supérieure mise en mouvement.
Volets, aubes d'une roue.
Volatils, corps qui se réduisent facilement en vapeur.
Volcans, masses de bitume enfoncées et enflammées dans le sein de la terre.
Volée du marteau, la distance qui se trouve entre son point le plus élevé et l'enclume.
Volume, étendue des corps ou espace qu'ils occupent.
— *d'air*, masse d'air fournie par les soufflets.

Voussoir, espèce de voûte pratiquée dans le massif d'un haut-fourneau.

W.

Wacke, minéral qui tient le milieu entre l'argile et le basalte.

Wad black, *wad noir*, nom anglais du manganèse terreux du Derbyshire.

Wootz, acier de Perse.

Z.

Zinc, métal blanc et lamelleux qui brûle avec flamme blanche brillante et se réduit en vapeurs et en flocons blancs au moment de la fusion.

Zircone, terre élémentaire nouvellement découverte. On croit que c'est l'oxide d'un métal auquel on a donné le nom de zirconium.

Zoophytes, classe d'animaux non vertébrés qui n'ont ni nerfs, ni membres, et qui, fixés sur des corps solides, semblent y végéter et vivre à la manière des plantes.

FIN DU VOCABULAIRE.

APPENDICE.

COUP D'OEIL INDUSTRIEL ET COMMERCIAL SUR LES FORGES FRANÇAISES.

Il n'y a pas encore long-temps que les grandes fortunes pouvaient seules tenter les grandes entreprises; l'esprit d'association n'avait pas pénétré dans nos mœurs, et les maîtres de forges, retranchés derrière le monopole inévitable de la richesse, repoussaient le perfectionnement comme un ennemi qui pouvait troubler leur repos. La routine la plus aveugle continuait à diriger les travaux métallurgiques; tout indiquait dans nos forges l'enfance de l'art : c'étaient encore les fourneaux du dixième siècle; les affineries de 1819 étaient celles qu'Agricola avait décrites en 1556, et les forges catalanes, encore existantes, rappelaient exactement celles introduites en Italie, quatre ou cinq siècles avant l'ère chrétienne.

Quelques métallurgistes distingués, à la vérité, avaient apparu au milieu de ce chaos d'ignorance, comme des phares protecteurs brillent à travers le brouillard pour guider le vaisseau égaré. Les Ramus, les Aubertot, les Dufaud, les Fallatieu, et quelques autres non moins illustres, avaient devancé leur siècle; mais la masse des métallurgistes restait sous le joug de la routine; la plupart des usines à fer étaient dirigées par

des mains ignorantes; la théorie était sévèrement écartée de ces établissemens, car la science peu avancée alors avait été cause de plusieurs erreurs: l'ignorance était presque la condition exigée pour obtenir la direction d'une forge.

Aujourd'hui tous ces préjugés sont tombés : la chimie a éclairé tout le monde; le plus simple expéditionnaire a des notions exactes en métallurgie; le travail seul conduit à la fortune, et l'oisiveté n'a plus de priviléges.

Néanmoins, autour de ces créations gigantesques de l'industrie moderne, nous voyons encore se grouper, comme les accessoires indispensables du luxe de nos usines nouvelles, un brillant état-major qui dévore à lui seul le quart du bénéfice des travailleurs et des capitalistes; on appelle à grands frais sur notre sol des *managers* étrangers qui n'en connaissent pas les ressources, et qui apportent dans nos établissemens le germe du désordre et de la destruction; des salaires excessifs sont offerts à des ouvriers d'outremer, trop ignorans pour trouver de l'emploi dans leur pays; de nouvelles plaies frappent les nouvelles conceptions : au lieu de cette ignorance *lésineuse* qui craignait de faire un pas dans le chemin des améliorations, on veut arriver trop vite, on devance le siècle, et les capitaux s'écoulent en accessoires ruineux, ou en prodigalités blâmables.

Trois élémens de succès sont nécessaires aux usines à fer : le premier est relatif à la conception de l'établissement, au choix d'une localité convenable; le second est tout entier dans l'administration métallurgique et financière de l'opération; le troisième comprend les débouchés et

les besoins de la consommation. Ainsi, concevoir, produire et vendre sont les trois points sur lesquels doit être portée toute l'attention des maîtres de forges. Nous allons examiner tour à tour ces trois conditions de la réussite des spéculations commerciales.

ARTICLE Ier.

De la création des forges.

Avant de produire, il faut être sûr de vendre. La production, dirigée sans une connaissance approfondie des besoins, peut dépasser le niveau de la consommation, encombrer les marchés et porter le désordre dans l'industrie. Cette crainte est d'autant plus fondée, qu'après une longue guerre, dans laquelle une partie de la population avait été déplacée, cette population, rentrée tout à coup dans l'état de paix, a reflué vers les manufactures, y a porté des forces nouvelles, et a, dans plusieurs branches de fabrication, augmenté les produits au point de dépasser les limites posées par les habitudes.

Telle est peut-être la cause de la crise financière qui, depuis 1818, a tourmenté tour à tour presque toutes les grandes industries. La plupart en effet ont eu leur période de prospérité ou de détresse : les forges ont éprouvé leur crise en 1824 ; les filatures sortent à peine de celle qui les a frappées ; c'est aujourd'hui aux vignobles que l'encombrement est dévolu. Des milliers d'individus, employés auparavant aux travaux guerriers, se sont appliqués à l'agriculture; les bras qui défendaient le territoire se sont vus obligés

de le féconder. La partie méridionale de la France a été transformée en d'immenses vignobles, mais le rapport de la production à la consommation n'a nullement été gardé : un malaise s'en est suivi, une classe de producteurs a souffert.

Le fer est l'élément indispensable et le moteur universel du travail. Considéré comme valeur commerciale, il est d'une première nécessité et d'une consommation journalière, le débouché ne lui manquera donc pas; mais ce débouché a des limites, et ce sont ces limites qu'il importe de connaître.

La consommation de nos produits de toute espèce a une tendance à s'augmenter : c'est l'effet de la marche ascendante de la civilisation. Aujourd'hui qu'une direction progressive est imprimée à la société, la masse des hommes s'éclaire, elle tend au bien-être. Le travailleur industrieux s'élève peu à peu à côté du paresseux privilégié; il vient partager avec lui quelques unes des jouissances auxquelles il n'avait pas eu, jusqu'à présent, le droit d'atteindre; il paie sa part de tribut à nos productions agricoles et manufacturières.

En 1787, nous fabriquions 27,333,900 kilogr. de fer; en 1822, cette quantité s'était élevée à 80,000,000 kilogr.; aujourd'hui, elle dépasse 150,000,000! La consommation a-t-elle suivi ce mouvement ascendant? C'est ce qu'on ne saurait mettre en doute.

Depuis la paix, l'agriculture a pris un développement considérable; on a augmenté les moyens de transport, soit par le roulage, soit par les routes en fer, soit par des ponts en métal; la marine a adopté les câbles-chaînes; des navires entiers ont été construits en fer; les

constructions civiles même ont changé leur système de charpente. Le fer, en un mot, est devenu une des bases de la prospérité publique, et une des conditions vitales de l'industrie. Chaque habitant de la France cependant ne peut disposer que de 4 kilogr. de fer environ, tandis que celui de la Grande-Bretagne en a 39 kilogr. à sa disposition!

Est-il étonnant, d'après cela, que le prix du fer se soit si long-temps maintenu à un taux élevé? Peut-on être surpris si, chaque année, les importations étrangères, quoique frappées d'un droit prohibitif, jettent sur nos marchés plusieurs millions de kilogrammes?

Le fer vaut, dans le pays de Galles, 20 francs le quintal métrique (200 francs la tonne de 1015 kilogr.); en France, il coûte généralement le double. Dans la Franche-Comté, il se fabrique à 46 francs (*Voyez* tableau n° 1 et 2); en Bourgogne, il revient à 43 francs (tableau n° 2); sur les côtes de l'Ouest, à 42 francs (tableau n° 3). D'où vient cette énorme différence?

Si l'on examine de près les élémens de la fabrication du fer au charbon de bois, on verra que le combustible nécessaire pour produire du fer à 46 francs, coûte pour 1000 kilogr.

Pour la fonte.	6.90 cordes à 10 f......		69 f.	00 c.
	Façons à 1 f. 25 c.......		8	62
	Carbonisation de 35 sacs à 0 f. 17,5 c..........		6	13
	Transport de ces 35 sacs.		6	13
			89	88
Pour le fer.	11 cordes $\frac{2}{3}$ à 10 f.	116 f. 72 c.		
	Façons........	6 41	140	63
	Transport.....	17 50		
			230	51

c'est-à-dire 23 francs par quintal métrique, ou la moitié juste du prix de fabrication de 100 kil. de fer.

Avec un combustible d'un prix si élevé, il est impossible de soutenir jamais la concurrence de l'étranger. C'est donc vers un combustible plus économique que nous devons tourner nos regards.

L'anthracite n'a pas encore été découvert en grandes masses; à peine connaît-on le lignite de nom; le temps de la tourbe n'est pas encore arrivé; aujourd'hui toute l'espérance des nouvelles conceptions se porte vers la houille.

Et pourquoi ne produirions-nous pas à aussi bas prix que l'Angleterre? Le minerai chez nous est-il moins riche ou moins abondant? La houille nous manque-t-elle? La main d'œuvre est-elle trop chère? Avons-nous retourné toute la surface de ce sol immense qui renferme tant de richesses minérales?

Nous manquons de documens précis sur nos

Digitized by Google

ressources industrielles, voilà tout : l'industrie, trop peu éclairée, erre dans toutes les directions; elle s'empare de quelques localités, mais la statistique comparée n'a pas encore guidé sa marche. Les conceptions de *La Cunette*, de *Charenton*, de *Baccalan*, de *la Basse-Indre*, de *Fourchambault*, du *Saut-du-Sabot*, etc., sont le résultat de l'ignorance générale dans laquelle nous sommes plongés. On n'a pas assez consulté le voisinage des matériaux élémentaires des usines, la facilité des communications, la direction des rivières, le bon état et la présence des routes, les besoins du royaume, le déficit de la consommation, les points faibles de la production. L'immense bassin houiller de Saint-Étienne avait fait concevoir de grandes espérances; on y a élevé à grands frais des établissemens métallurgiques : mais le minerai a manqué tout à coup, et ces constructions gigantesques sont restées sans activité (1). Le Creusot, qui se trouve placé au centre des plus grands bassins de la France, qui peut porter ses produits à l'Océan comme à la Méditerranée, à Paris comme à Besançon, est obligé d'aller chercher ses minerais en Comté. A Abbaretz, dans la Loire-Inférieure, on a construit une usine complète, sur la foi que la houille maigre des environs pourrait se convertir en coke : un pareil espoir a été déçu.

(1) Le bassin de Saint-Étienne, qui renferme sans contredit la meilleure houille de France, a cela de commun avec le bassin houiller de Newcastle, qu'il ne fournit pas assez de minerai de fer pour alimenter la seule forge qu'on y ait construite.

On aurait tort de conclure de là que la nature n'a donné qu'à certaines provinces de la Grande-Bretagne la possession sur un même point du minerai, du combustible et des fondans; une foule d'exemples se présenteraient de suite pour combattre une pareille opinion.

Le grand bassin d'Alais, ceux de l'Hérault, de l'Aveyron, du Tarn, du Lot, de la Corrèze; les environs du Puy-de-Dôme; les plaines de l'Allier, etc., sont aussi propres à la création d'usines à fer que les bassins de Dudley et du Southwales en Angleterre.

Tout le monde connaît les exploitations commencées dans le département du Gard. « Le dis-« trict d'Alais peut être regardé comme la partie « de la France la plus riche en mines de fer, « comme il est aussi une des plus abondantes en « mines de houille. » (1)

Les travaux déjà exécutés à Firmy, ceux entrepris à Lasalle, près d'Aubin (Aveyron), promettent des résultats non moins avantageux. Là aussi toutes les conditions de la fabrication du fer se trouvent réunies dans un espace resserré, et la certitude du succès n'attend plus que l'ouverture de communications faciles. C'est généralement ce qui manque à ce département, dans lequel on trouve de toutes parts, et principalement vers le sud (2), des indices de houille plus ou

---

(1) *Journal des Mines*, an IV.

(2) A Saint-Affrique, Milhau, Sensac, les Palanges, sur la rive droite du Lot, dans le vallon de Dourdon, dans les montagnes de Sevaraguay, entre Saint-Antonin et Najeac, etc.; des mines de fer existent à

Digitized by Google

moins prononcés, et du minerai de fer de toutes qualités.

A mesure qu'on avance vers l'Hérault, et dans la direction de Cresessac, les affleuremens deviennent plus nombreux. Les couches de Bédarieux (Hérault) sont destinées à alimenter les usines de Saint-Gervais, qui couvriront la consommation du littoral de la Méditerranée.

Au-dessous de Villefranche, en se rapprochant d'Alby (Tarn), les belles houillères de Cramaux et le riche minerai qui les avoisine, se présentent comme étant dignes d'éveiller l'attention des métallurgistes; malheureusement si la houille est en pleine exploitation, les mines de fer sont entièrement abandonnées.

Le département voisin, celui de Tarn-et-Garonne, offre le minerai le plus pur, et l'hydroxide le plus riche qu'on puisse rencontrer. Des recherches entreprises sur des indices de houille ne laissent que peu de doute sur la réussite.

Dans le bassin de l'Arroux, à Épinac (Saône-et-Loire), la houille, le minerai et la castine se trouvent sur le même terrain, et peuvent donner lieu à des exploitations métallurgiques profitables.

Derrière le Puy-de-Dôme, à Messeix, le bassin houiller renferme tout ce que l'industrie des forges peut appeler à son secours : de la houille de bonne qualité, des minerais de toutes espèces,

---

Kaimer, Saint-Felix, Loucamp, Ostremoine, Onet-le-Château, Solzac, les Palanges, le Monastère, Combe-Nègre, Larzac, Aubrac, Montbazens, Varens, Albignac, Bozouls, etc., etc.

des castines de calcaire saccaroïde, de l'argile réfractaire et du grès propre aux fourneaux.

Nous ne passerons pas en revue toutes les richesses minéralogiques de la France : les bornes de cette appendice ne peuvent nous le permettre. Un coup d'œil rapide jeté sur la statistique suivante suffira, nous l'espérons, pour prouver que la houille est plus abondante qu'on ne le pense généralement.

TABLEAU, *par ordre de départemens, des principales mines de houille de la France.*

Allier : Noyant, Fins, le Tronget, Meaulne Bert.

Alpes (Basses-) : Manosque, Forcalquier.

Alpes (Hautes-) : Saint-Martin de Querières.

Ardèche : Janjac, Privas, Aubenas, Vallon, Saint-Marcel.

Aude : Carcastel, Quintillan, Ruchan, Ségur.

Aveyron : Firmy, Lasalle, Cransac, Vialaretz, Livignac, Montignac, les rives du Lot, La Dourbie, Mégamel, Milhau, Lavergne, Sévérac, Bertholène, Senzac, près de Rodez.

Bouches-du-Rhône : Gardanne, Fureau, Tretz, Peynier, Belcodène, Saint-Savourin, Auriac, Roquevaire, Gemenas.

Calvados : Litry, Feugnerolles.

Cantal : entre Mauriac et Bort.

Corrèze : Argental, La Pleau, Cublac, Ventessac, Alassac, Lenteuil.

Côte-d'Or : indices à Avesne, Turcey, Montbard, Chevannay.

Côtes-du-Nord : indices près de Lannion et Pontrieux.

Creuse : Couchezotte, Bosmorand, Vavory, Saint-Palais, Faut-Mazuras.

Dordogne : Cransac, Terrasson, indices près de Bergerac.

Doubs : environs d'Ornans.

Finistère : aux portes de Quimper; indices à Cleden et dans l'anse de Dinan.

Gard : Alais, Cendras, Portes, forêt d'Abilon, Grand-Combes, Pradel, Banes, Robillac, Méranes, Saint-Jean de Valerisque, Pont Saint-Esprit, Laudun.

Hérault : Bédarieux, Saint-Gervais, Camplong, Boussaque, Graissessac, Le Bousquet, Cessenon, Azillanet, Saint-Gely du Fesq.

Indre : indices près de Châteauroux.

Isère : La Motte, Pierre-Châtel, La Mure, Saint-Barthélemi.

Haute-Loire : Brassac, Sainte-Florine, Freugères, Vergongheon, Lempde.

Loire : Rive-de-Gier, Saint-Chamond, Saint-Étienne, Le Chambon, Firminy, Roche-Molière, etc.

Loire-Inférieure : Montrelais, Mouzeil, Languin, indices près du port Saint-Père, près Saint-Florent, au lac de Grand-Lieu.

Lot : Figeac, Lenteuil.

Lozère : indices près de Canourgue, du côté de Mende et aux environs de Meyriney.

Manche : indices dans la forêt de Briquebec, près Valogne, Fretot, Moon, Semilly.

Haute-Marne : indices.

Maine-et-Loire : Saint-Aubin de Luigné, Chaudefond, Montjean, Layon-et-Loire, Saint-Georges près de Doué. Indices à Vihier et à Saumur.

Meurthe : indices aux environs de Nancy.

Moselle : Ostenbach et canton de Petelange.
Nord : Anzin, Fresnes, Raismes, Vieux-Condé.
Nièvre : La Machine, près de Decize.
Pas-de-Calais : Hardinghen.
Puy-de-Dôme : Messeix, La Montgie, Brassac, Auzat.
Basses-Pyrénées : indices près de Salies.
Haut-Rhin : Sainte-Croix et Rodern, près Colmar.
Bas-Rhin : Charbes et Lalaye, près Klingenthal.
Rhône : canton de Larbresle, Vangueray, Courzieux; indices près de Saint-Laurent et de Tarare; Sainte-Foi-Largentière.
Haute-Saône : près de Lure.
Saône-et-Loire : Blanzy, Le Creuzot, Saint-Berain, Épinac, Beauchamp, La Clayte; indices à La Chapelle-sous-d'Hun, Igornay, Toulon, Montchanin, Velvront, Les Gravières, Sauvigne, Les Poreaux, etc.
Tarn : Carmeaux, Brugnères, La Jonquères, La Canne, Lignière, Réalmont; indices à Penne, à Saint-Antonin, à Cordes, etc.
Tarn-et-Garonne : indices à Bruniquel.
Var : Caillan, La Cadière; indices près de Fréjus, près de Draguignan et à Saint-Paul de Var.
Vaucluse : Methamis, Piolen, Mormoiron, etc.
Vendée : indices près de Fontenay, à La Châtaigneraie et à Vouvant.
Vienne : indices près de Poitiers.
Vosges : indices à Calroy, arrondissement de Saint-Dié; à Valdajol, près de Plombières; à Antrey, à Brune-Neuilly, à Gemingolt, et près de Mirecourt.

Quant au minerai de fer, la nature a été prodigue envers nous. Outre quarante-une minières dont on a constaté l'abandon en 1826, à l'Administration des Mines, une immense quantité de mines de fer reste, dans beaucoup de départemens, sans emploi, et quelques unes cependant sont voisines de la houille propre à leur traitement. Nous citerons les minerais de Crameaux, de Rhodez, de Bruniquel et de Penne, de Bouaye, de Toulon, etc., qui existent sur le terrain houiller proprement dit.

Une liste des minerais de fer de France serait beaucoup trop longue et ne pourrait trouver place ici. Incessamment nous publierons un essai de statistique sur les forges du royaume, et nous y ferons entrer la description détaillée de toutes les minières. Le fer est si abondamment répandu sur la surface de notre sol, qu'il n'existe pas un département où il ne se rencontre. Nous donnons ici la note des mines qui ne sont pas exploitées, ou qui ont été abandonnées par divers motifs.

Ain : mines de Curieux, Tenay, Saint-Rambert, découvertes en 1826.

Calvados : Urville, mine abondante et facile à exploiter. La Bruyère, le Plessis-Grimoult, abandonnées en 1816, parce qu'elles donnent du fer cassant.

Cantal : Thiézat, époque et causes de l'abandon inconnues.

Corrèze : couches d'alluvion, sur lesquelles on a ouvert des puits de 30 et 40 mètres.

Eure-et-Loire : hydrates dans la forêt de Senonches, abandonnés depuis la découverte, dans le voisinage de Chartres, d'une mine beaucoup

plus riche. A quatre lieues de cette dernière ville on trouve une mine de la plus grande teneur, qui reste sans emploi.

Loire-Inférieure : fer oxidé terreux de Bouaye, sur le terrain houiller, lequel n'a encore été remarqué par personne. Les masses de fer titané de Maisdon sont voisines d'indices de houille et comprennent plus de 40 hectares.

Haute-Loire : Issengeaux, carbonates en amas, dans une mine de lignite exploitée.

Haute-Marne : fer oxidé rubigineux globuliforme, abandonné à Latreux, faute des connaissances nécessaires pour en tirer parti; fer oxidé géodique, abandonné en 1796, faute de travaux d'art; même minerai à Montreuil, abandonné en raison de la profondeur et des difficultés de l'exploitation; fer oxidé rubigineux globuliforme à Ville-en-Blaisois, Doulevent-le-Petit et Rage-Court, abandonné en 1822 pour cause d'exploitation vicieuse et de travaux mal entendus.

Meurthe : minière de Sarrepalbe, anciennement exploitée pour le fourneau de Mutterhausen.

Puy-de-Dôme : fer hydro-silicide de Compains, abandonné en 1700, faute de bois.

Bas-Rhin : mine de Dambach, abandonnée dès 1750; celle d'Obernay, abandonnée en 1789, reprise depuis et abandonnée de nouveau; celle de Borsch, abandonnée de temps immémorial; minerai pauvre à Lembach et à Mattstall; mine à Niederstimbach, abandonnée en 1790.

Haut-Rhin : Mine de Roppe, abandonnée en 1791, à cause de l'affluence des eaux; celles de Guebwiller, Schweighausen et Bulh, aban-

données en 1787, après avoir été exploitées pour le service du fourneau de Bitschwiller; une autre mine a été abandonnée à Pfaffenheim, bien long-temps avant la révolution.

Saône-et-Loire : fer oxidé limoneux à Toulon, hydroxides à Charolles, abandonnés par suite du chômage de trois hauts-fourneaux voisins; minerai des Charmes, de Chizeuil et de Pourriols; fer carbonaté en rognons dans la mine de houille abandonnée de Beauchamp.

Haute-Saône : mine de Faucogney reconnue en 1819.

Tarn : fer carbonaté à Crameaux, hydrates à Castelnau; diverses variétés de minerai dans les environs d'Alby.

Vosges : mine de Vildersbach, abandonnée en 1790, faute de débouché pour le minerai; indices à Belmont; minière de Wisch, abondonnée de temps immémorial.

Nous n'avons d'autre but, en donnant ces légères indications, que de montrer combien sont grandes nos richesses métallurgiques. D'autres détails statistiques et la connaissance des lieux sont indispensables pour la création d'une usine à fer. Il convient de voir, d'un coup d'œil élevé et d'un point culminant, les avantages et les inconvéniens des différentes localités, le voisinage de la houille et du minerai, et la facilité des communications. Nous avons montré qu'on ne produira pas trop d'ici long-temps, et que les matériaux élémentaires ne manquent pas. Ces deux points établis, le champ est ouvert aux spéculateurs.

ARTICLE II.

De l'administration intérieure des forges.

Nous ne comprenons pas sous ce titre la partie financière et la comptabilité d'argent ; nous voulons parler de la direction journalière des usines, de la comptabilité des matières, de la conduite des travaux de main-d'œuvre. Les détails de finances appartiennent à une autre branche de l'économie domestique. La tenue régulière des écritures est une condition vitale, sans laquelle on n'arrive qu'au désordre et à une ruine certaine. Nous la supposons donc *à priori*, telle qu'elle doit être, et nous ne nous occuperons ici que des écritures relatives aux opérations métallurgiques.

Le directeur d'une forge est l'âme de l'entreprise : s'il est instruit, il dirige à la fois la comptabilité financière et la marche des travaux ; le plus souvent, ce n'est qu'un ingénieur dont les idées en finances sont au moins bornées. Les *foremen*, les *managers* de l'Angleterre ont produit Watts, Walker, Price, Seaward, Mushet, etc., etc. Nous n'avons rien en France qui ressemble à cette classe d'ingénieurs souvent distingués ; mais notre comptabilité est généralement mieux tenue que celle des bureaux de la Grande-Bretagne.

Des notes exactes sont remises chaque soir à un commis chargé de les enregistrer sur un brouillard *ad hoc*; il a soin d'en garder l'original, afin d'être à même de vérifier s'il s'est glissé quelques erreurs. Ce livre premier est la source de tous les autres ; il doit donc être tenu avec une grande régularité et sans lacune.

Il contient l'entrée des matières premières et la copie des factures et des lettres de voiture ou d'envoi; les livraisons de matière à tel ou tel fourneau; le produit de chacun de ces fourneaux; la livraison de ces produits au fondeur, au marteleur, au lamineur, ou au forgeron; le produit en matière finie et l'entrée en magasin; enfin, la sortie du magasin et la livraison au commerce.

Toutes les circonstances du travail et tous les accidens y sont relatés jour par jour et heure par heure; des notes sur la bonne ou mauvaise conduite des ouvriers, sur les retards occasionnés par leur faute y sont tenues avec impartialité et sévérité; les décisions prises par le directeur pour le maintien du bon ordre; les actes de justice exercés y sont enregistrés également; enfin, ce livre journalier (day book) est destiné à contenir tout ce qui se passe dans le ressort de l'usine.

Une fois par semaine au moins, le directeur fait un relevé du travail général, et examine scrupuleusement sur les livres la marche particulière de chaque opération; il s'assure par là que la dépense en matière première n'a pas excédé celle de la semaine précédente. Si elle a été plus faible, il en prend bonne note; si elle a été plus forte, il redouble de vigilance pour s'assurer quelle est la cause de cette augmentation : trois semaines de diminution consécutive dans la dépense de matières autorisent le directeur à obliger l'ouvrier à un pareil *rendement*.

L'homme de toutes les classes a le sentiment de sa dignité; vouloir le forcer à faire une chose à laquelle il répugne naturellement par la seule force de l'habitude, c'est vouloir l'obliger à la

faire mal. Il faut faire comprendre à l'ouvrier, il faut lui prouver qu'il fera mieux, avec plus d'avantage pour lui et pour l'usine, en suivant le conseil de son directeur, qu'en restant sous le joug de la routine.

Les ouvriers sont généralement classés par escouade appartenant à tels ou tels fourneaux. Chaque fois que, dans une escouade, un homme se distingue par sa bonne conduite et son intelligence, on le charge de tenir note de l'opération à laquelle son escouade est attachée. On en fait ainsi une espèce de contre-maître, dont la récompense est dans la confiance qu'on lui accorde et qu'il a méritée.

Un contre-maître général veille sur tous ces chefs d'escouade, et surveille leur petite comptabilité.

Tous les ouvriers d'une forge doivent être payés au poids, non pas sur le produit que donne l'opération à laquelle ils travaillent, mais sur le produit en marchandise *marchande* entrant en magasin. Cette marche, si simple et si naturelle, est très difficile à établir dans le commencement du travail des usines, en ce que celui-ci est soumis à des oscillations et à des intermittences; mais aussitôt que la régularité est établie, voici comme on s'y prend pour ramener les salaires à leur plus juste appréciation et à leur véritable valeur.

Les ouvriers ont d'abord été payés à la journée; c'est, pour cette classe d'hommes qui vit *au jour le jour*, le meilleur moyen de connaître sa dépense journalière. On a tenu une note exacte du salaire payé pendant le mois; on sait également, par les registres, ce qui a été fabriqué :

on est donc à même de calculer ce qui a été payé à cet ouvrier pour 1,000 kilogr. de fer. Cette connaissance acquise, on lui fait comprendre qu'il est avantageux pour lui de changer son mode de solde, puisqu'en augmentant légèrement son travail, il augmentera ses bénéfices, ce qu'il n'aurait jamais pu faire avec des salaires à la journée ou au mois. Dès le mois suivant, en effet, on pourra remarquer déjà, et on aura bien soin de le lui faire voir, que les produits manufacturés se sont sensiblement accrus; la somme des salaires d'ouvriers aura augmenté proportionnellement à l'avantage de tout le monde; et, comme le moment sera venu d'établir la responsabilité de l'ouvrier, cette somme de paiement sera moins onéreuse qu'elle ne l'était auparavant.

Les heures de relevée sont fixées irrévocablement; elles sont ordinairement de six heures à six heures, et les tours de nuit sont disposés de manière qu'une semaine l'homme travaille le jour, s'il a travaillé la nuit pendant la semaine précédente. Tout homme qui n'est pas à son poste à six heures moins cinq minutes, paie une amende convenue par des réglemens affichés dans l'intérieur de l'usine. La moitié de cette amende est versée dans une caisse *ad hoc* appartenant à la masse des ouvriers (clubs), l'autre moitié tourne au profit de l'établissement.

A mesure des arrivages de matières premières, elles sont pesées ou mesurées dans une vaste cour ou magasin: là on les fait disposer en tas égaux, et elles n'ont plus besoin d'être pesées ou mesurées. La valeur de ces tas est, autant qu'on le peut, celle de la matière employée à

chaque opération métallurgique, par chaque fourneau ou chaque escouade. Le chef du fourneau en devient responsable, et s'il dépasse, dans son travail hebdomadaire, la quantité qui lui a été désignée, et qu'on a déterminée de concert avec lui et sur l'expérience de plusieurs mois, il paie la différence à un prix convenu. Prenons un exemple parmi les pudleurs.

Supposons qu'un fourneau ait reçu, dans la semaine,

107 ½ charges de fine metal.
36 ½ de fonte.

Total... 144 charges. Il lui reste à la fin de la semaine... 8 charges. Il a donc dépensé

136 charges qui, à 200 kilog. chacune, font une dépense totale de matières s'élevant à 27,200 kilogrammes.

Il a livré, savoir :

Ouvriers de jour.	Williams.	34 charges.
	John....	35
Ouvriers de nuit.	Thomas.	33
	Rees....	34

Total........ 136 charges faisant 23,200 kilog.

Perte ou déchet..... 4,000 kilog.

Or 136 charges à 25 kilog. chacune, déchet fixé par le réglement de l'usine (*voyez* page 348, 1er volume), ne donnent de déchet que........................	3,400 kil.
Tandis que celui obtenu a été de......	4,000
Différence que l'ouvrier doit payer.....	600 kil.

La même supputation a lieu pour le combustible. On accorde généralement à l'ouvrier 10 à 15 hectolitres de houille (suivant la qualité) pour le pudlage de 1000 kilogrammes de fer.

L'ouvrier a dépensé 371 brouettées de houille (chaque brouettée est 1 hect.), ci.	371 hect.
23,200 kil. fer fourni par son fourneau n'exigent que..............................	348
Différence qu'il doit payer.............	23 hect.

Aussitôt qu'on le peut, mais après une expérience de plusieurs mois, et dès qu'on est arrivé au *minimum* de consommation dans les fourneaux, etc., on met plus d'équité dans la répartition, en payant à l'ouvrier tout ce qu'il parvient à économiser en dehors de sa fixation. Les prix qu'on l'oblige à payer doivent être un peu plus élevés que ceux des matières qu'on lui rembourse, et tous doivent être déterminés de concert avec lui.

Pour éviter de peser les matières livrées, ou pour n'en peser que le moins possible, on les dispose, comme nous l'avons dit, par tas réguliers et égaux; toutes les mesures ont en outre des capacités constantes, et l'on prend toutes les précautions pour que les bâches, les bannes ou les brouettes soient parfaitement cubées. C'est un moyen de contrôle qu'il ne faut pas négliger.

On ne peut se dissimuler, dans les établissemens naissans, la nécessité de se servir de quelques chefs instructeurs anglais; mais employer, comme nous l'avons vu faire, jusqu'à des manœuvres étrangers, c'est une folie qui ne peut

être enfantée que par une stupide ignorance, ou par une anglomanie déraisonnable. L'ouvrier anglais exige une nourriture supérieure, et demande à jouir d'une plus grande aisance; il est plus difficile à manier, et on ne peut être assuré de le garder long-temps qu'à l'aide d'un excédant de salaires quelquefois excessif. L'ouvrier français est moins actif, plus serviable, produisant moins dans un temps donné. Hors des heures de travail, on ne fait bouger l'ouvrier anglais qu'avec de l'argent ou des boissons spiritueuses. Le Français, dont l'amour-propre se flatte très facilement, se meut pour une simple condescendance, une seule marque de confiance. L'un tient au sol où il est né, et y vit avec des habitudes simples et sans excès; l'autre est un homme déplacé, qui reste attaché à sa patrie par une longue chaîne qu'il déroule derrière lui, et qui brûle d'y retourner.

Le tableau suivant de la dépense annuelle d'un ouvrier anglais, comparativement à celle d'un ouvrier français, est emprunté à un ouvrage publié en 1827 en Angleterre. Chacun de ces ouvriers est supposé avoir sa femme et quatre enfans; le premier gagne 30 shillings par semaine, le second 21 francs seulement.

OUVRIER ANGLAIS.

	l. st.	sh.
Pain et légumes.	21	00
Viande, beurre et fromage......	13	00
Lait, bière et spiritueux......	6	10
Thé et sucre....	5	10
Savon, chandelle et charbon...	5	00
Vêtemens......	11	00
Loyer et meubles.	10	00
Médicamens et dépenses imprévues......	6	00
	78	00

OUVRIER FRANÇAIS.

	fr.	c.
Pain, fruits, etc.	456	00
Viande, liqueurs et produits du pays........	264	00
Articles importés.........	72	00
Combustible, chandelle, etc.	72	00
Vêtemens.....	96	00
Loyer........	60	00
Amusemens et dépenses imprévues.....	72	
	1092	00

Il est un maximum d'action que chaque ouvrier est capable de produire; ce maximum diminue à mesure que le temps pendant lequel il doit agir augmente. Un repos raisonnable et basé sur des données certaines est donc nécessaire pour rétablir la force musculaire. On peut, à cet égard, se servir des remarques ci-après, qui ont leur application journalière dans les usines.

Le poids de l'homme est généralement évalué à 65 kilogrammes; s'il marche sur un chemin horizontal avec une vitesse de 4 pieds 6 pouces par seconde, son pas allongé est de deux pieds et demie; il peut ainsi parcourir 10 à 12 lieues de poste par jour.

Chargé de 40 kilogrammes sur son dos, il ne peut faire que quatre à cinq lieues avec une vitesse de 2 pieds 3 pouces par seconde. En cet état, il ne peut marcher que sept heures par jour.

Un manœuvre qui transporte une charge sur son dos, puis revient à vide pour en prendre une autre, porte 65 kilogrammes avec une vitesse de 90 pieds par minute. Il peut supporter ce travail pendant six heures chaque jour.

En traînant un camion à deux roues et agissant dans les mêmes circonstances, il porte 100 kilogrammes, et peut travailler pendant dix heures. Cette action équivaut à 1,800 mètres cubes d'eau élevés à 1 mètre de hauteur.

Avec une brouette, le poids n'est plus que de 60 kilogrammes, ce qui peut être évalué à 1,080 mètres cubes d'eau à la même hauteur.

S'il s'agit de monter un escalier ou une rampe douce, il porte 65 kilogrammes avec une vitesse verticale de 73 pieds par minute, et peut soutenir ce travail pendant une journée de six heures.

Un manœuvre élevant des poids à l'aide d'une corde passée sur une poulie, et qui laisse redescendre le seau et la corde à vide, enlève 18 kilogrammes à 2 décimètres de hauteur par seconde, ce qui fait, pour un travail de six heures, 77,760 kilogrammes élevés à 1 mètre.

S'il élève des fardeaux à la main, il peut porter 20 kilogrammes et soutenir ce travail pendant six heures ; mais alors il n'offre plus que 17 centimètres de vitesse par seconde, et ne produit plus que 73,440 kilogrammes à 1 mètre.

La force de tirage que peut développer un homme sur un canal, est telle qu'il peut faire trois lieues par jour.

L'homme qui agit sur une roue à cheville ou à tambour, au niveau de l'axe de la roue, porte 60 kilogr. avec 15 cent. de vitesse par seconde ;

Digitized by Google

s'il agit, par son seul poids, vers le bas de la roue, il ne porte plus que 12 kilogr. avec 7 décim. de vitesse. Dans le premier cas, il produit l'équivalent de 32,400 kilogr. à 1 mètre de haut par heure, et, dans le second, 30,240 kil. seulement.

Quand un ouvrier marche en tirant ou poussant dans une direction horizontale, il produit 12 kilogr. avec 6 décim. de vitesse par seconde; ce qui équivaut à 25,920 kilogr. à 1 mètre.

L'action de l'homme sur une manivelle égale 8 kilogr. avec une vitesse de 75 centim. ou 21,600 kilogr. à 1 mètre.

Le manœuvre peut continuer ces derniers travaux pendant 8 heures chaque jour. C'est la journée d'un rameur, qui équivaut à 27,000 kil.

De semblables indications, toutes sommaires qu'elles sont, peuvent être appliquées avec avantage; elles servent au moins à apprécier les plaintes de l'ouvrier toujours disposé à s'effrayer de la besogne qui lui est imposée, surtout lorsqu'il n'a pas cet à-plomb que donnent seules l'instruction et la confiance de soi-même.

Il nous reste un dernier point à traiter : c'est la partie morale de l'administration des forges. Cette partie, disons-le en passant, est bien négligée en France, où même elle n'est nullement connue. Rendons justice à nos voisins : chez eux l'éducation des masses a prévalu sur les préjugés des classes qui ne trouvent de considérations que dans l'ignorance et la barbarie des hommes; des institutions scientifiques éclairent les ouvriers sur leurs travaux; des établissemens de bienfaisance leur apprennent à escompter sur leur jeunesse le bien-être de leurs vieux jours; un sen-

timent de bienveillance les lie entre eux, les porte à se soutenir les uns les autres dans les revers trop communs à cette classe laborieuse et intéressante, et des noms illustres, à la tête desquels se place celui de Birkbeck, l'ami de l'humanité, impriment une juste direction à ces masses jadis tumultueuses et sans consistance, aujourd'hui si utiles et si compactes.

L'isolement de l'homme qui travaille est un vice dans la société; l'ouvrier qui a exercé toute la journée ses facultés physiques dans une besogne purement mécanique, devient lui-même un être mécanique. Il est ignorant, grossier, travaille par instinct, boit par délassement; il prend auprès d'êtres grossiers comme lui toutes les habitudes du vice, et ne représente, dans une forge, qu'une machine plus ou moins parfaite, qui cesse de fonctionner aux heures de repos. Nous trouvons une preuve frappante de cette influence de l'isolement dans la conduite des ouvriers anglais, amenés par l'espoir du gain ou par les besoins de l'industrie sur le continent. Ces hommes, pris ordinairement parmi les hommes sobres et tranquilles, se trouvent, dans nos usines, abandonnés à eux-mêmes, dans une sorte de léthargie intellectuelle; ils prennent promptement l'habitude du cabaret, s'enivrent seuls, deviennent querelleurs, et portent le désordre dans nos établissemens.

Si vous réunissez les hommes par des espèces d'institution, aux heures qu'ils consacraient auparavant à la débauche et à l'oisiveté, vous améliorez promptement les mœurs de l'ouvrier en le rendant à sa dignité, et en lui évitant bien des maladies; une salle destinée à des réunions, à des conversations, ou même à des jeux, mais

dans laquelle aucune liqueur spiritueuse n'est admise, voilà l'origine d'une institution d'ouvriers telle que les nombreuses associations de la Grande-Bretagne. Peu à peu on y introduit le goût de l'étude, on y fait professer par un chef d'atelier un cours d'arithmétique, de géométrie élémentaire, puis de dessin linéaire; une petite bibliothéque, dans laquelle on fait un heureux choix de livres, quelques journaux, la littérature même se glissant furtivement dans le sanctuaire de l'industrie, élèvent les idées de ces hommes jadis grossiers, aujourd'hui réunis en famille et se façonnant sous vos yeux.

L'économie des forges ne permet pas d'entretenir ces cercles d'artisans, car la dépense annuelle en devient peu à peu considérable. D'ailleurs, l'homme qui travaille ne reçoit rien de personne, il doit tout à lui-même. Une légère retenue hebdomadaire suffit et au-delà pour tous les frais de cette réunion; elle forme une caisse qu'on appelle *clubs*, et est confiée à un des ouvriers qui l'administre de concert avec le comité choisi par les membres de l'association. Un rendement de compte est opéré à époques fixes, et enregistré sur les livres de l'établissement. L'usine fournit gratuitement l'appartement et les meubles nécessaires à l'institution, et les commis, ainsi que le directeur, sont soumis à un prélèvement annuel, fixé en raison de leurs émolumens.

Le clubs ne paie pas seulement les dépenses de l'institution; il est destiné à pourvoir à une foule d'autres besoins. Une retenue de 21 sous par semaine sur l'ouvrier qui reçoit 21 francs, produit annuellement une somme de 20,000 fr. dans un établissement qui fabrique 3,000,000 de

kilogrammes de fer. Cette somme est excessive et s'accumule. On en déduit :

1°. Une légère somme destinée à des actes de bienfaisance ; car l'exemple des bonnes actions donne une consistance considérable aux institutions humaines ;

2°. Le traitement d'un maître d'école pour l'instruction élémentaire des enfans des membres de l'institution ;

3°. Le paiement du médecin de l'établissement ; car il est bon que l'ouvrier sache qu'il paie ses médicamens.

Un bon moyen d'entretenir l'émulation parmi les ouvriers, consiste à distribuer chaque année, à l'époque de l'inventaire, une gratification à l'homme dont la conduite a été remarquable, et qui a rendu proportionnellement le plus de services à l'usine ; mais autant on mettra de générosité dans ces récompenses, autant il faudra mettre de sévérité dans les peines. Il est des fautes qu'une légère amende punit ; il en est d'autres qui doivent faire exclure totalement de la forge le coupable qui les a commises.

Tout cela prouve qu'on ne saurait être trop scrupuleux sur le choix d'un bon directeur. En général, on reconnaît qu'il n'est pas suffisamment instruit, à la haute solde des ouvriers, et à l'influence qu'ils possèdent. Un directeur ignorant craint de perdre un ouvrier habile ; il le *sur-paie*, l'accueille, le flatte. Celui-ci ne prend point le change ; il sait quel besoin on a de lui, et ses prétentions augmentent en proportion. Il n'est pas rare de voir, dans de pareilles circonstances, les rôles changer ; le directeur est obligé de souffrir l'insolence et la grossièreté de son subordonné ; c'est qu'en effet la supériorité est

dans les rangs inférieurs. Triste exemple, qui réduit à leur juste valeur les déceptions de la fortune et de la naissance.

Quel contraste avec un directeur habile! Sa vue ne se promène pas seulement sur l'ensemble, elle descend sur les détails. Il voit le mal où il est; il y fait promptement remédier. Comme ses prévisions sont toujours justes, l'ouvrier qui a commencé par murmurer finit par être convaincu; il prend confiance dans son chef, et obéit aveuglément, parce qu'il sait qu'on le conduira bien. La moindre insolence lui vaudrait un congé, car le directeur a assez de savoir pour se passer de lui, et assez de pratique pour former un ouvrier. Chacun alors est à sa propre place, et nul ne murmure d'une supériorité qu'il ne peut atteindre, et qui a d'autre origine que les caprices du sort.

ARTICLE III.

Ventes et débouchés.

Nous avons annoncé précédemment que la consommation générale de la France excédait 152 millions de kilogrammes. Des recherches plus détaillées nous permettent de classer cette consommation suivant le tableau qui va suivre.

Fers laminés à la houille.

Feuillard, fers aplatis, fers à seau, en bottes	2,000,000 kil.
Fers divers pour chemins de fer, ponts, etc.	3,500,000
Fers carrés pour rampes et grilles, plats en barres, ronds pour chaînes	38,700,000
	44,200,000 kil.

44,200,000 kil.

Fers martinés.

Carillons en barres ou en bottes, de 4 à 8 lignes, fer plat et platiné, bandelettes, fer rond en barres et en bottes	9,707,800 kil.
Petits fers de 3 à 6 lignes	12,000,000
Taillanderie	984,800
Tôle et fers noirs	6,450,800
Fer-blanc	3,172,500
Fil de fer	7,694,000
Faux	176,700
Limes et râpes	476,900
Feuillard au bois	7,549,200

Fers de Fenderie.

Verge à clous ou fentons	14,000,000 kil.
Côtes de vache, etc	13,994,100

Gros fers dits fers marchands.

Essieux et outils	2,629,000
Bandes de roues, fers de cornet, maréchal, etc	10,000,000
Fers ronds, carrés et plats pour la marine	1,407,000
Fers de toutes dimensions livrés au ministère de la guerre, bandelettes pour lits des hôpitaux, etc	3,265,000
Fer plat à ferrures	4,000,000
Fers de diverses dimensions destinés à l'agriculture	10,376,900
Total	152,084,700 kil.

Ces 152,084,700 kilogrammes de fer de toutes dimensions qui composent la somme du commerce des fers en France, se répartissent entre l'agriculture, les arts, la marine, etc., de la manière suivante.

Arts mécaniques, industrie, commerce, etc.	49,661,000 kil.
Agriculture	28,000,000
Clouterie	14,000,000
Voitures publiques et particulières, roulages, etc.	11,000,000
Cerclage des cuves, des barriques, etc.	9,549,200
Constructions civiles, etc.	7,540,000
Ferrures des chevaux, clous de relevé.	4,000,000
Arts délicats, serrurerie fine, coutellerie, etc.	14,000,000
Armées	3,265,000
Routes et ponts en fer	3,500,000
Ferblanterie	3,172,500
Outils, ustensiles, etc.	2,490,000
Marine royale	1,407,000
Exportations	500,000
Total	152,084,700 kil.

Chaque masse d'usines affecte des points particuliers de consommation: la Champagne, le Berry, la Nièvre, l'Alsace, la Loraine, une partie de la Bourgogne et de la Franche-Comté écoulent sur Paris les produits de leurs forges. Ce foyer de consommation immense est un marché permanent qui exige des fers de tous calibres et de toutes qualités : les fers forts du Berry et de la Comté y sont employés au carrossage; ceux de la Nièvre et de la Champagne aux constructions et aux arts. Non seulement il s'en consomme d'énormes quantités qu'on évalue à près de 8 millions de kilogrammes, mais il en entre encore en passe-debout pour les ports du nord et les villes environnantes.

Rouen tire de Paris 3 millions de kilogrammes. Ces fers produits en grande partie par la Franche-Comté et la Nièvre, paient de transport, depuis la capitale, 6 francs par mille kilogrammes. La

consommation du Havre n'est guère que le $\frac{1}{6}$ de celle de Rouen; les frais de transport depuis Paris s'élèvent à 12 ou 15 francs par mille kilogrammes.

Paris vend encore de faibles quantités, il est vrai, aux villes suivantes :

Caen qui consomme 80,000 kilogrammes, dont la majeure partie en gros fers de la Godinière, près Fresnay; le reste consiste en bandelettes que lui fournissent les forges de M. Wendel, en Lorraine; en 10 à 12 tonneaux de feuillard, dont les gros échantillons sont faits dans le pays; en carrés et ronds de 7 à 12 lignes fournis par les usines de la Champagne, de la Nièvre, de la Sarthe, de l'Eure et de l'Orne; l'Aigle lui livre des verges à clous, la Suède des fers plats, et Châtillon-sur-Seine quelques fers ronds.

Dieppe offre aux forges une consommation à peu près égale à celle de Caen; elle tire plus directement ses gros fers de la Lorraine; son marché exige des fers ronds de 4 à 10 lignes, et des carrés de 6 à 36; le rondin de 7 à 10 lignes y est très recherché. Fourchambault lui fournit annuellement 20 à 25,000 kilogrammes de fer plat de 13 à 14 lignes sur 6 et 7, et de 16 à 24 sur 4, et des bandelettes de 12, 14 et 15 lignes. Cette ville ne consomme que peu de feuillard (1,000 à 1,500 kilogrammes), et presque pas de fer rond de 3 lignes.

Honfleur ne tire guère de Paris que des carrés de 5 à 36 lignes, principalement de 6 à 12 lignes, des fers ronds de 5 à 12, que lui fournit Fourchambault, et des fers plats de 18 à 72 lignes. La principale consommation de cette ville consiste en fer plat de 4 pouces sur 9 à 10 lignes.

Quelques villes des côtes de la Manche reçoi-

vent encore des fers qui passent par la capitale. De ce nombre sont Dinan, Saint-Malo, Cherbourg, Avranches, Villedieu, Granville, Coutances, Saint-Lô, Valogne, etc.

Dinan est une ville de peu de consommation : 3,000 kilogrammes environ, dont 1,000 kilogrammes de petits fers, lui suffisent annuellement. Saint-Malo tire beaucoup de fers de Suède; il consomme annuellement 60 à 80,000 kilogrammes. Les dimensions les plus courantes sont en fer rond et carré de 7, 8 et 9 lignes. Il en est de même de Cherbourg dont le marché est beaucoup moins considérable que celui de Saint-Malo. La consommation d'Avranches est en quelque sorte nulle. Il n'en est pas ainsi de celle de Villedieu, qui s'élève à 250,000 kilogrammes au moins, dont une grande partie, en fer rond de 4 et 5 lignes, lui est fournie par la Nièvre et Fourchambault. Les gros fers consommés à Granville sont tirés de la Suède; Paris lui fournit des fers ronds de 6 à 15 lignes, des carrés de 6 à 12 et quelque peu de tôle; le tout n'excède pas 10,000 kilogrammes, y compris les fils de fer. Les petits fers ronds de 4 à 7 lignes sont plus recherchés à Coutances; cette ville tire de Paris des fers carrés de 7 à 14 lignes, des gros fers doux et cassans de la Champagne, des fers mi-doux des Vosges, des feuillards de la forge de Carouze qui sont livrés à Vire, et coûtent ensuite 1 fr. 50 c. les 50 kilogrammes de transport. Le prix de la voiture de Paris à Saint-Lô est de 4 fr. les 100 kilogrammes, pour les 15 à 20,000 kilogrammes qui y sont consommés. La forge de Carouze fournit aussi à Saint-Lô des feuillards de 12 lignes, lesquels paient 2 fr. 25 par 100 kilog. Valogne est placée dans les mêmes circonstances que Saint-

Lô ; elle consomme en outre quelques milliers de fil de fer.

Les forges de l'Orne fournissent à ces villes des gros fers de différentes qualités ; les produits de Carouze, près Alençon, sont plutôt cassans que doux ; ceux des usines d'Argentan sont de meilleure qualité. En général on préfère les fers de Suède, et l'on ne demande de ceux de l'Orne que parce que les forges françaises leur donnent une façon qui convient à certains labours. Les fers que Paris y envoie, proviennent des usines de Champagne, de la Lorraine et de la Nièvre. Les fils de fer se tirent de l'Aigle, de Rugles et de Besançon.

La Bretagne s'approvisionne en fer de Berry et en fer du pays. Les dimensions les plus courantes à Brest sont en barres plates de 18 à 48 lignes sur 5 à 6 lignes d'épaisseur, en carrés de 8 à 12 lignes ; elles sont fournies par la Suède. Les gros fers viennent du Berry ; le feuillard et les petits fers ronds, de la Basse-Indre. Paris envoie à Brest 6 à 8,000 kilog. de fil de fer, dans les n^os entre 10 et 24. Ce port consomme 10 à 12,000 kilog. de tôle, et une grande quantité de fer-blanc.

Le marché de Quimper est inférieur à celui de Brest et suit les mêmes erremens : la consommation de la tôle ne s'y élève qu'à 2 à 3,000 kilog., et celle du fil de fer 2,000 à 2,500. A Morlaix les fers courans sont des carrés de 8 à 8 ½ lignes, des plats de 30 à 50 lignes sur 4, 5 et 6 ; des ronds de 7 à 9 lignes : la majeure partie est en fer suédois ; il ne s'y consomme que 3,000 kilog. feuillard. Le département d'Ille-et-Vilaine tire ses fers de Paimpont et de la Mayenne ; de Rennes à Redon, la consommation principale consiste

en fers plats. Les barres qui se vendent le plus couramment à Vannes, ont 18 à 36 lignes sur 4 à 9, ou bien sont carrées sur un diamètre de 8 à 30 lignes.

Nantes est l'entrepôt des fers du Berry, de la Nièvre, de la Touraine, etc., qui s'expédient dans l'ouest. Cette ville, qui reçoit annuellement, pour sa propre consommation, 1,500,000 kilog. de fer de toutes dimensions, ne tire de la Basse-Indre que 50 à 100,000 kilog. de petites dimensions; ses verges à clous viennent de Moidon et de La Vallée. Le reste est produit par des forges étrangères au département.

Orléans et Tours s'approvisionnent dans le Berry, l'Indre et la Nièvre. Les forges de la Sarthe ne font pas de fer carré au-dessous de 10 lignes; Fourchambault fournit au Mans des fers ronds de 5 à 8 lignes, et des fers carrés de 6 lignes et au-dessus. Le feuillard qu'on emploie dans la Sarthe et la Mayenne a 51 lignes de largeur; il est fait par les usines des environs. Ces départemens tirent de préférence des fers ronds de 6 à 10 lignes, des carrés de 6 et au-dessus, du fer plat de 51 lignes sur 4, des bandelettes de 6 à 16, sur 2 $\frac{1}{2}$ et 3 lignes, des verges de 3 à 8 lignes. On vend, au Mans, beaucoup de rondin de 5 à 8 lignes; il s'y consomme plus de 200,000 kilog. de bandelettes de 18 à 26 lignes, sur 2 à 2 $\frac{1}{2}$: elles sont produites par les forges du pays.

Les frais de transport de la Nièvre et du Berry sont :

Pour Laval......	31 fr.	les 1,040 kilog.
Pour Tours.....	11	*idem.*
Pour le Mans...	21	*idem.*

Les fers du Périgord sont généralement doux et malléables; ils s'expédient dans toute la Sain-

tonge, dans la Gironde et dans les départemens voisins. Les maîtres de forges de ce pays sont généralement peu fortunés et vendent ou déposent leurs produits à Angoulême, qui peut être regardé comme l'entrepôt des usines de la Dordogne, de la Haute-Vienne et de la Charente.

La Rochelle tira annuellement 125,000 kilog. de fers divers de ces pays; sa tôle vient de Sedan. Il s'en consomme 3 à 4,000 kilog., dont $\frac{2}{3}$ de 16 pouces à 3 pieds, du poids de 3 à 4 livres, et l'autre $\frac{1}{3}$ en fortes dimensions, c'est-à-dire 7 à 8 pieds sur 14 pouces, du poids de 20 à 30 kilog.; 150 à 200 caisses fer-blanc viennent d'Angleterre et 200 bottes de fils de fer de Besançon. La Basse-Indre lui fournit les 25 à 30,000 kilog. feuillard que cette ville consomme.

La petite ville de Cognac emploie 220,000 kilog. feuillard, dont la moitié est fournie par la Basse-Indre; le reste est fourni par Bordeaux et Angoulême. Le Périgord envoie à Cognac 60 à 80,000 kilog. de fer de toutes dimensions : fer plat de 3 à 6 pouces sur 4 à 5 lignes d'épaisseur, en barres de 3 à 4 pieds auxquelles on a laissé une queue plus étroite; barres plates pliées, de 27 lignes sur 5, et de 10 à 12 pieds de longueur totale. Les autres fers sont tirés du Berry.

La consommation de Bordeaux s'élève à 5 millions de kilog., qui sont tirés du Berry, de la Loire-Inférieure, de l'Angoumois, du Périgord, des Landes et de l'Angleterre; 15,000 à 20,000 kilog. de fer viennent annuellement des forges de la Comté; 100,000 kilog. tôle, de la Nièvre et de Paris; 100,000 kilog. feuillard, de l'Angleterre, et autant de la Basse-Indre; 5,000 caisses de fer-blanc *tiercé*, de la Grande-Bretagne, du Jura et de la Comté; des fers plats, de Tarn-et-

Garonne, de l'Ariège et des Landes, etc., etc.

Les Pyrénées, le Gers et la Haute-Garonne trouvent dans les départemens qui les avoisinent de quoi suffire à leur consommation. L'Ariège, les forges du comté de Foix et celles des Landes livrent à Bayonne 75 à 80,000 kilog. de fer par année; Sedan et Charleville lui expédient 15 à 20,000 kilog. de tôle par la voie de Dunkerque. De ce port aux Pyrénées Orientales, les frais de toute nature s'élèvent jusqu'à 6 fr. des 100 kilog. Pau consomme 5 à 6,000 kilog. de fil de fer et 15 à 20,000 kilog. de tôle, qui lui sont expédiés par Dunkerque et Bayonne. La tôle de Sedan est préférée, dans le midi de la France, à celle de Charleville: on accuse cette dernière d'être quelquefois aigre. Auch consomme annuellement 15 à 20,000 kilog de fer; Mont-de-Marsan, 25 à 30,000.

Le marché de Toulouse est de 500,000 kilog. de fer en barres. Toulouse est l'entrepôt du Rouergue et du Cantal, et d'immenses quantités de fer y entrent, en passe-debout, pour être expédiées par le canal. La principale consommation de cette ville consiste en fer rond de 6 à 10 lignes, en fer carré de 8 à 12, et en fer plat *brut*. Il existe à Toulouse un préjugé défavorable au fer *paré*, dont les arêtes sont bien faites et qui a reçu sa dernière manipulation; on lui préfère, sans aucune autre raison que celle de l'habitude, le fer imparfait de l'Ariège. Toulouse tire du Jura 12,000 bottes de fil de fer (120,000 kil.): on les expédie par Lyon, le Rhône et le canal. Les frais, jusqu'à Lyon, sont de 3 f. par 100 kilog., et de Lyon à Toulouse 5 fr. 50 c. à 6 fr. Il s'emploie dans cette ville 5,000 caisses de fer-blanc terne (celui brillant n'est pas recherché). On tire

la tôle d'Audincourt par la voie de Gray (Haute-Saône) ; la voiture de Gray à Toulouse revient de 7 à 9 fr. par quintal métrique.

A dater de Perpignan et de Carcassonne, le commerce des fers du Midi rentre dans le ressort de Lyon. Perpignan, en effet, tire la majeure partie de sa consommation des forges du Jura et de la Franche-Comté. Sur 125,000 kilog., auxquels on évalue son marché, 10,000 seulement lui sont fournis par les forges voisines.

Béziers consomme 250,000 kilog. de feuillard mince, 300,000 kilog. de fer de tout calibre, 1,500 bottes de fil de fer, 20,000 kilog. de tôle, et 1,000 caisses de fer-blanc d'Audincourt. Remarquons, en passant, que le feuillard destiné au Midi ne doit pas excéder 12 lignes de largeur, et doit avoir une épaisseur moindre qu'un millimètre. Sur les côtes de l'Ouest on l'emploie beaucoup plus fort; à Bordeaux, par exemple, il a généralement $\frac{3}{4}$ de ligne; à Nantes, on lui donne plus d'une ligne. Les frais de Beaucaire à Béziers sont de 1 fr. 70 c. à 1 fr. 80 c. par 100 kilog.; ceux depuis Gray s'élèvent de 3 à 4 fr.

Montpellier, Cette et Lunel consomment 550,000 kilog. de petite dimension, et une immense quantité de rubans pour foudres. Ces fers sont tirés de la Franche-Comté, de l'Alsace et de la Basse-Indre. Montpellier vend, en outre, 300,000 kil. de fer de divers échantillons, 3,000 caisses de fer-blanc, 15,000 kilog. de tôle, 1,000 bottes de fil de fer, etc.

Les départemens de la Haute-Saône, des Vosges, du Haut et Bas-Rhin, du Doubs, du Jura, de la Loire, livrent à Marseille 500,000 kilog. fer en barres, 3 à 400,000 kilog. feuillard, 4,000 bottes de fil de fer, 25,000 kilog. tôle; à Toulon,

55,000 kilog. fer divers, 15,000 kilog. feuillard, peu de tôle et de fil de fer; à Nismes, 80,000 kilog. fer en barres, 20,000 kilog. feuillard, 10,000 kilog. fil de fer, 600 caisses de fer-blanc et un peu de tôle; à Saint-Gilles, 60,000 kilog. fer, 50,000 kilog. feuillard.

Les marchands de Lyon, qui tirent tous leurs fers de la Bourgogne, de la Comté, du Jura, des Vosges, du Berry, et même de la Lorraine, exploitent toute la côte du Midi et les départemens voisins du Rhône. Lyon est l'entrepôt naturel de la Côte-d'Or, de la Haute-Saône, des Vosges, du Doubs, du Haut et Bas-Rhin, du Jura et d'une partie de la Haute-Marne. Des marchés considérables sont aussi établis, pour le débouché de l'Est, à Dijon, à Strasbourg, à Gray, à Vesoul, à Besançon. La foire de Châlons-sur-Saône a lieu quatre fois l'année; elle est presque exclusivement destinée à la vente des fers. Les forges trouvent encore à Beaucaire un vaste débouché; mais, en général, dans tous ces pays, le commerce des métaux est entre les mains de maisons puissantes qui exploitent largement, et presque sans concurrence, le privilége que leur procure la fortune et la possibilité de faire des avances aux manufactures.

Il est rare que le maître de forges se trouve en contact avec le consommateur : il existe entre eux deux un intermédiaire qui porte le nom de *marchand de fer*, et qui se contente d'un bénéfice de 2 à 3 pour cent. Celui-ci achète, ou directement du chef de l'usine, ou par la voie d'un commis-voyageur, ou enfin par voie de dépôt sur avances. De ces trois manières de vendre, la première est préférable. Les commis-voyageurs sont dispendieux et presque toujours des igno-

rans; les avances sur consignation annoncent la gêne et le manque de ressources. Les marchands de fer ont une clientelle établie, sont presque tous fort riches et se chargent, en quelque sorte, pour un modique bénéfice, du détail le plus minutieux de l'administration, en vendant par petites parties à des gens d'une solvabilité quelquefois douteuse. Des maisons puissantes se livrent souvent à ce commerce de détail; les faillites sont rares parmi les marchands de fer, surtout parmi ceux dont les affaires, conduites avec prudence, sont encore appuyées par de grands capitaux. On place en première ligne, en France, MM. Paillot père et fils, de Paris; Buret frères, de Marseille; Holagray père et fils, de Bordeaux; Arnaud et compagnie, de Nantes; La Houssaye père et fils, du Havre, etc.

Quelquefois des établissemens intéressans sont livrés, faute de fonds, à des espèces d'usuriers, qui, sous le titre d'agens généraux, les pressurent et absorbent une partie des bénéfices. Ces banquiers avides, véritables plaies de l'industrie, finissent presque toujours par chasser l'industriel de ses foyers, et par s'emparer de son usine, qui dépérit bientôt entre leurs mains inhabiles.

En jetant un coup d'œil sur les tableaux qui suivent cette appendice, on s'apercevra que le prix des fers en France est beaucoup trop élevé pour que nous puissions avoir un commerce d'exportation à l'étranger. Il ne sort guère que 5 à 600,000 kilog. de métaux brut, dont 200,000 à 250,000 sont de fer en barres, et 300,000 à 350,000 de fonte en gueuses. Quant aux autres métaux ouvrés, l'exportation a lieu principalement en fonte moulée, en fil de fer et en coutellerie. Voici, d'après les registres de la Douane,

quelle a été l'importance de ce commerce en 1826 :

Fonte moulée.........	1,001,800 kilog.
Instrumens aratoires...	29,400
Tôle.................	2,600
Fil de fer............	240,000
Coutellerie...........	111,200
Outils de fer pur......	23,200

L'importation est beaucoup plus considérable, surtout en matières brutes, qui ne sont pas produites en France en suffisante quantité. Ainsi l'Angleterre nous livre chaque année 8 à 12 millions de kilog. de fonte carburée destinée au moulage, et 9 à 10 millions de kilog. de fer en barres. Cette importation est considérablement restreinte par les droits élevés et presque prohibitifs que le gouvernement a mis, en 1822, sur les fers étrangers, dans le but de protéger notre industrie métallurgique. On peut juger des quantités de métal ouvré importé en France, par le relevé des registres de la Douane, en 1826, que nous empruntons à M. Héron de Villefosse.

Faulx.....................	320,700 kilog.
Instrumens aratoires........	27,400
Limes et râpes communes....	302,300
Idem fines................	78,300
Scies communes............	30,600
Idem fines................	19,800
Tôle......................	13,700
Fer-blanc..................	357,500
Fil de fer..................	2,500
Outils de fer pur...........	15,100
Idem de fer rechargé d'acier.	130,900
Idem de pur acier..........	47,700

TABLEAU N° 1.

Fabrication de 1,000 kilog. *fonte* au haut-fourneau de Château-la-Vallière, département d'Indre-et-Loire.

Matières premières.	6.90 cordes de bois à 10 fr. la corde de 90 pieds cubes....			69 f.	00 c.
	3340 kilog. minerai, à 50 c. la pipe de 700 kilog.........			2	39
	1.39 pipe castine pour mémoire.			00	00
Main-d'œuvre.	Façon de 6.90 cordes à 1 f. 25 c.............	8 f.	62 c.		
	Carbonisation de 35 sacs charbon à 0 f. 175m...	6	13		
	Extraction de 3,340 kilog. minerai à 2 f. 50 c. la pipe.................	11	93		
	Idem de 1.39 pipe castine à 2 f. 50 c...........	3	47		
	Ouvriers, 8,180 f. pour une production de 600,000 k. par année, ci par 1000.	13	63		
	Divers employés, 3,600 f. par an, ci..........	6	00	49	78
Transport.	35 sacs à 0 f. 175m.....	6	13		
	3,340 kilog. minerai à 3 f. les 700 kilog.........	14	31		
	1.39 pipe castine à 2 f. la pipe..............	2	68		
	Un atelage de trois chevaux 3,000 f. par an...	5	00		
	De Château-la-Vallière à Tours..............	3	00	31	12
	Entretien et frais divers...........			12	71
	Total.......			165	00

TABLEAU N° 2.

Fabrication de 1,000 kilog. *fer martine*, obtenu dans une forge de la Haute-Saône.

Matières premières.	1,500 kilog. fonte à 165 f. les 1,000 kilog			247	50
	1,750 kilog. charbon (11 cordes $\frac{2}{3}$) à 10 f............			116	72
Main-d'œuvre.	Façon de 1,750 kil. charbon à 55 f. par corde..	6 f.	41 c.	41	01
	Forgerons à 20 francs par 1,000 kilog. ci........	20	00		
	Divers ouvriers, 2,880 fr. pour une fabrication de 300,000 kil., ci.......	9	60		
	Divers employés, 1,500 f. par an, ci...........	5	00		
Transports.	1,750 kilog. charbon provenant de 11 cordes $\frac{2}{3}$, à 1 f. 50 par corde...	17	50	21	50
	1000 kilog. fer rendu à Vesoul..............	4	00		
	Entretien et réparations 6,000			20	00
	Commissions et frais divers.........			13	27
	Total...........			460	00

TABLEAU N° 3.

Fabrication de 1,000 kilog. *fonte*, à l'usine du Creusot, département de Saône-et-Loire, suivant le rapport des membres du conseil d'administration.

56,32 hectol. de coke à 1 f. l'hectol.		56 f.	32 c.
6,00 idem de houille pour les machines.		6	00
Transport du puits aux machines		00	30
348 kilog. de castine, à 5 f. 90 c. la queue de 700 kilog.		2	72
1,210 kilog. de scories de forges, pour mémoire		00	00
Minerai.	697 kilog. mine en roche, à 6 f. 55 la queue de 700 kilog.	6	52
	1041 — mine fine, à 9 f. 55 c.	14	20
	21 — mine de Remigny, à 12 f. 28 c.	00	37
	341 — mine de Comté, à 25 86	12	60
	2100 kilog.		
	93 kilog. fer carbonaté grillé, à 11 f.	1	46
Entretien de la machine et réparations des outils, à 140 f. 58 c., pour 84,580 kil. ci.		1	66
Fondeurs, aides, etc., 625 f., pour 84,580 kilog.		7	39
Coût de 1,000 kilog. fonte, non compris les frais d'administration, commissions, etc.		109	54

Digitized by Google

TABLEAU N° 4.

Fabrication de 1,000 kilog. *fer en barres*, à l'usine du Creusot, avec la fonte d'autre part.

781 kil. fonte, à 109 f. 54 c. les 1,000 kil.	85 f.	55 c.
684 — fonte étrangère, à 200 f., prix moyen	136	80
1465 kil.		
40 hectolitres de houille, à 1 f.	40	00
Employés, mécaniciens, ouvriers, manœuvres	72	27
Outils, graisse, sable, etc	2	00
	336	62

Frais généraux communs à la fabrication de la fonte et du fer.

Intérêts du capital réalisé de 8,828,000 f. à 6 pour 100, sur une fabrication présumée de 5,000,000 kil. soit pour 1,000 kil.	105	60
Transport au lieu d'embarquement	3	30
Commission de vente, 5 pour 100, sur 450 f.	22	50
Pour 1,000 kilog.	131	40

RÉCAPITULATION.

Fonte	109	54
Le tiers des frais généraux	43	80
Coût de 1,000 kilog. fonte	153	34
Fer	336	62
Frais généraux	131	40
Coût de 1,000 kilog. fer	468	02

TABLEAU N° 5.

Fabrication de 1,000 kilog. *fer laminé* à l'usine de la Basse-Indre, département de la Loire-Inférieure.

Matières premières.	1300 kilog. fonte à 20 f. les 100 kil.			260	00
	18 hect. de houille à 2 f. 60 c.			46	80
				306	80
Main-d'œuvre.	Ouvriers au poids.....	26	60	63	58
	Ouvriers à la journée,.	27	60		
	Employés divers à l'établissement	9	38		
Trans-port.	Des 18 hectol. charbon de terre, à 90 c. l'un	16	20	19	20
	Du fer à Nantes.......	3	00		
Intérêts de 500,000 f. à 6 p. 100, 30,000 f. pour une fabrication de 2,000,000, ci pour 1,000 kilog..............		15	00	50	25
Commission de l'agent-général à Nantes, 5 ½ pour 100 sur les produits...........		33	00		
Divers menus frais..........		2	25		
				439	83

Digitized by Google

TABLEAU N° 6.

Fabrication de 1,000 kilog. *fer* dans les deux forges catalanes de Gincla, département de l'Aude.

Matières premières.	2,400 kil. minerai, à 50 c. le quintal métrique			12	00
	2,400 kil. charbon, ou 16 cordes, à 10 f.			160	00
				172	00
Main-d'œuvre.	Façon du charbon à 75 c. par corde	12	00	262	20
	Extraction des minerais à 25 c. le quintal	6	00		
	4 ouvriers à 10 f. chacun par massé de 170 kilog.	235	28		
	Divers employés à 1,500 f. par an	8	92		
Transport.	Minerai, de Fillols à Gincla, à 4 f.	96	00	156	00
	Charbon à 1 f. 25 c. le quintal	30	00		
	Fer de Gincla à Carcassonne	30	00		
Entretien et frais divers				19	80
				610	00

Nota. Nous avons choisi l'usine de Gincla pour l'évaluation ci-dessus, parce qu'on y trouve la réunion la plus complète de toutes les parties d'une usine à fer, que l'on chercherait inutilement dans d'autres forges de cette espèce.

La direction de cette usine est confiée à un homme très intelligent, qui ne néglige rien pour en augmenter les produits.

Digitized by Google

TABLE DES MATIÈRES.

QUATRIÈME PARTIE.




Digitized by Google



Digitized by Google

Fig. 12.

F

E

A

D

c

Fig. 11.

D

M

A

I I

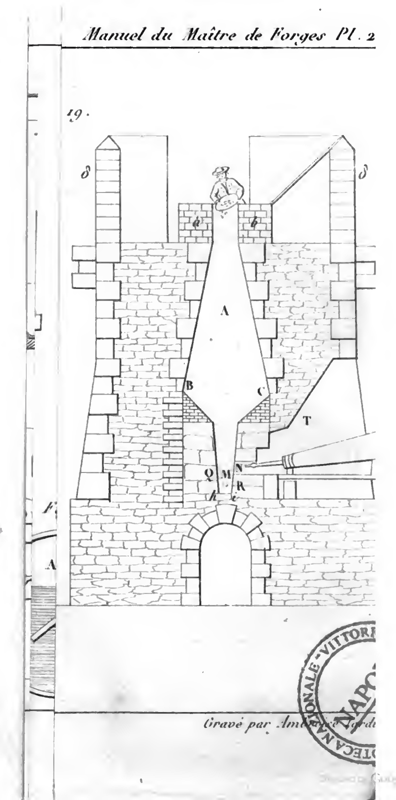
B

Gravé par Amb[...] Tardieu

[...]NALE VITTORIO EMANUELE III
NAPOLI

Digitized by Google

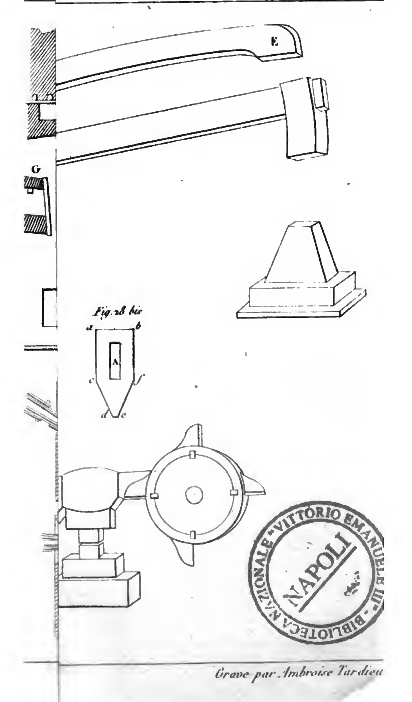
Digitized by Google



Gravé par Ambroise Tardi

BIBLIOTECA NAZIONALE VITTORIO EMANUELE NAPOLI

Digitized by Google



BIBLIOTECA NAZIONALE "VITTORIO EMANUELE III" NAPOLI

Gravé par Ambroise Tardieu

Digitized by Google

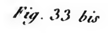


Fig. 33 bis

VITTORIO EMANUEL. NAZIONALE NAPOLI

Gravé par Ambroise Tardieu

Digitized by Google

Digitized by Google